MINISTÈRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES

EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE 1900
À PARIS

RAPPORTS
DU JURY INTERNATIONAL

Groupe IV. — Matériel et procédés généraux de la mécanique

TROISIÈME PARTIE. — CLASSES 21 ET 22

PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

M CMIII

C. F. E.

RAPPORTS DU JURY INTERNATIONAL

DE

L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

150

MINISTÈRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES

EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE 1900
À PARIS

RAPPORTS
DU JURY INTERNATIONAL

Groupe IV. — Matériel et procédés généraux de la mécanique

TROISIÈME PARTIE. — CLASSES 21 ET 22

PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

M CMIII

Fb 250
COMITÉ FRANÇAIS

CLASSE 21

Appareils divers de la Mécanique générale

RAPPORT DU JURY INTERNATIONAL

PAR

M. LÉON MASSON

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES
DIRECTEUR EN CONGÉ HORS CADRE
AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

IMPRIMERIE NATIONALE.

C. F. E.

COMPOSITION DU JURY.

BUREAU.

MM. Léauté (Henry), membre de l'Institut, ingénieur des manufactures de l'État, professeur à l'École polytechnique (comités, jury, Paris 1889; comité d'admission, Paris 1900), *président*. . . . . France.

Storm Bull, professeur de mécanique à l'Université de Wisconsin, à Madison, *vice-président*. . . . . États-Unis.

Masson (Léon), ingénieur des arts et manufactures, ingénieur sous-directeur du Conservatoire national des arts et métiers (rapporteur des comités, Paris 1900), *rapporteur*. . . . . France.

Richemond (Pierre), ingénieur des arts et manufactures, mécanique générale [maison Weyher et Richemond] (grand prix, Paris 1878; hors concours, Paris 1889; secrétaire des comités, Paris 1900), *secrétaire*. . . . . France.

JURÉS TITULAIRES FRANÇAIS.

MM. Bourdon (Édouard), ingénieur des arts et manufactures, manomètres, appareils de graissage (médaille d'or, Paris 1878; hors concours, Paris 1889; comités, Paris 1900), président de la Chambre syndicale des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs de Paris. . . . . France.

Domange (Albert), courroies de transmission [ancienne maison Scellos, Domange et fils successeurs] (comités, médailles d'or, Paris 1889; comités, Paris 1900). . . . . France.

Périssé (Sylvain), ingénieur des arts et manufactures, président de l'Association des industriels de France contre les accidents du travail (comités, jury, Paris 1878, 1889; président des comités, Paris 1900). . . . . France.

JURÉS TITULAIRES ÉTRANGERS.

MM. Blum (Emil), ingénieur, directeur des usines de constructions mécaniques de Berlin-Anhalt, à Berlin . . . . . Allemagne.

Massey (W.-H.), ingénieur à la Cour, membre de l'Institut des ingénieurs civils de Londres et de l'Institut des ingénieurs mécaniciens de Londres. Grande-Bretagne.

Gatzouk (Alexis), professeur de l'Institut technologique, à Saint-Pétersbourg. Russie.

JURÉS SUPPLÉANTS FRANÇAIS.

MM. Hamelle (Henry), appareils de graissage, valvoline (comités, Paris 1900). France.

Parenty (Henri), directeur des Manufactures de l'État du département du Nord. . . . . France.

Roger (Paul), ingénieur des arts et manufactures, fonderies de cuivre et de bronze [maison Muller et Roger] (médaille d'or, Paris 1889; trésorier du comité d'installation, Paris 1900). . . . . France.

JURÉS SUPPLÉANTS ÉTRANGERS.

MM. Czermack (Reginald), conseiller impérial et royal de Commerce, à Teplitz.. Autriche.

Flamme (J.), ingénieur en chef, inspecteur de direction à l'Administration des chemins de fer de l'État, à Bruxelles..... Belgique.

Stein (Émile), ingénieur en chef des établissements de Naeyer et Cie, à Willebroeck..... Belgique.

Butticaz (Constant), ingénieur de la Ville, à Genève..... Suisse.

EXPERTS.

MM. Czermack fils (Reginald), matériel d'incendie, à Teplitz..... Autriche.

Digeon (Jules-Henri), répétiteur à l'École polytechnique, mécanique de précision [maison J. Digeon et fils aîné] (médaille d'or, Paris 1889; comités, Paris 1900)..... France.

Edoux (Léon), ingénieur des arts et manufactures, ascenseurs et appareils hydrauliques (grand prix, Paris 1889; comités, Paris 1900)..... France.

Piat (Albert), constructions mécaniques et fonderie [maison A. Piat et ses fils] (grand prix, Paris 1878; comités, jury, Paris 1889; comités, Paris 1900). France.

AVANT-PROPOS.

D'après la classification annexée au décret du 4 août 1894, portant règlement de l'Exposition de 1900, les « Appareils divers de la Mécanique générale » devaient comprendre les organes, en nombre extrêmement considérable, autres que ceux appelés à figurer dans les Classes 19, « Machines à vapeur », 20, « Machines motrices diverses » et 22, « Machines-outils », qui, avec la Classe 21, constituaient le groupe des « Matériel et procédés généraux de la Mécanique ».

Les travaux du Jury de la Classe des « appareils divers » embrassaient donc un programme très étendu dont les grandes lignes étaient, du reste, tracées comme il suit par le Règlement :

Organes de transmission mécanique : arbres, supports, guidages, systèmes articulés. Engrenages. Embrayages, déclics.

Poulies, courroies et câbles de transmission. Systèmes funiculaires.

Régulateurs et modérateurs de mouvement.

Appareils de graissage.

Appareils de mesure des quantités mécaniques : compteurs, enregistreurs, vélocimètres, dynamomètres, manomètres.

Appareils de pesage. Machines pour l'essai des matériaux. Jaugeage des fluides.

Machines servant à la manœuvre des fardeaux : grues, ascenseurs, etc.

Machines hydrauliques élévatoires : pompes à bras ou à vapeur, norias, béliers, etc.

Pompes à incendie et matériel à l'usage des sapeurs-pompiers.

Presses hydrauliques et accumulateurs.

Canalisations d'eau et accessoires.

Compresseurs et canalisations d'air.

Ventilateurs.

Transmission à distance et distribution de la puissance par l'eau, la vapeur, l'air ou le vide.

Appareils et associations pour prévenir les accidents de machines.

C'est d'après ce programme qu'avaient été distribués et conduits les travaux des Comités d'admission et d'installation de la Classe[1], et il nous sera sans doute permis de rappeler la composition de chacun de ces Comités, — dont la tâche, souvent lourde, fut réellement préparatoire des opérations mêmes du Jury, — et de rendre hommage à

[1] Plusieurs d'entre les objets répondant à ce programme rentraient, à différents titres, dans les attributions de classes autres que celle des appareils divers de la mécanique générale, et nous avons, à cet égard, pris soin de donner en tête des Annexes, — voir pages 120 et suivantes, — et au début de chacun des Chapitres de ce Rapport, — voir la note des pages 9, 29, 53, 69, 91 et 101 ci-après, — l'indication, selon le cas, globale ou partielle des principales d'entre ces classes avec, pour chacune d'elles, un ou plusieurs extraits spéciaux de son programme officiel.

l'habileté de leur président, M. Sylvain Périssé, de leur vice-président, M. Alfred Bougault, de leur rapporteur, M. Édouard Lustremant, au zèle et à l'énergie de leur si dévoué secrétaire, M. Pierre Richemond, à l'obligeance enfin et au talent des collègues dont je suis heureux d'écrire ici les noms.

Ce sont d'abord, au titre du Comité d'admission, MM. Octave Allaire, Edmond Badois, Georges Binot de Villiers, Ernest Bollée fils, Édouard Bourdon, Georges Caillard, Charles Cavelier de Mocomble, Léon Desmarais, Jules Digeon, Albert Domange, Léon Edoux, Alph. Frager, Henry Hamelle, Jules Harang, Henry Léauté, François Méker, Eugène Parisse, Albert Piat, Abel Pifre, Julien Thirion et le Colonel, depuis Général Varigault;

Puis, à celui du Comité d'installation et en dehors de MM. Périssé, Bougault et Richemond, — qui, en leurs qualités de président, de vice-président et de secrétaire élus du Comité d'admission, furent de droit investis du même titre dans le nouveau Comité, — en dehors aussi de notre cher et regretté Rapporteur Lustremant, emporté peu de temps après par la maladie et au remplacement duquel j'eus l'honneur d'être appelé par la confiance et l'amitié de mes collègues :

MM. Bourdon, Domange, Méker, Piat et Digeon, nommés par M. le Ministre et désignés parmi les membres du Comité d'admission ;

M. Paul Roger, élu par les exposants de la Classe et que, d'une voix unanime, nous appelâmes aux délicates fonctions de trésorier ;

MM. Henry Hamelle, Armand Dumont et Léon Desmarais enfin, élus comme M. Roger par les exposants et choisis de même parmi eux [1].

Indépendamment des soins donnés par tous à l'œuvre commune d'examen et d'organisation, douze d'entre ces excellents collègues : MM. Ed. Badois et J. Digeon, — maintenant disparus, hélas ! et dont je salue avec la plus profonde sympathie la mémoire, — et MM. Éd. Bourdon, G. Caillard, L. Desmarais, A. Domange, A. Frager, H. Hamelle, F. Méker, C. de Mocomble, A. Piat et J. Thirion, — que je suis heureux de remercier une fois de plus ici, — ont bien voulu fournir [2], à la demande de M. le Président Périssé comme à ma prière, nombre de renseignements précieux pour l'établissement de la Notice introductive insérée par l'Administration supérieure en tête du Catalogue officiel des

[1] L'Ingénieur de la Classe, choisi par le Comita d'installation, était M. Ch. Magnier.

[2] M. Albert Piat, en ce qui concerne notamment les divers organes de transmission mécanique;

M. Albert Domange, sur l'industrie des courroies;

M. Jules Digeon, pour les organes de transmission, les appareils de graissage et les instruments de mesures en général;

M. Henry Hamelle, en ce qui a trait aux appareils de graissage;

M. Édouard Bourdon, sur ces mêmes appareils, ainsi que pour les instruments manométriques;

M. Alph. Frager, sur l'industrie des compteurs d'eau;

MM. Georges Caillard et Charles Cavelier de Mocomble, sur celle des appareils de levage et de transport;

MM. Edmond Badois, Léon Desmarais et François Méker, sur la machinerie à eau et les appareils hydrauliques élévatoires;

M. Julien Thirion, enfin, sur les compresseurs d'air et le matériel à l'usage des sapeurs-pompiers.

objets présentés par les exposants français et étrangers à l'examen du Jury de la Classe des appareils divers de la Mécanique générale [1].

Les objets en question, répondant au programme très étendu dont nous avons plus haut reproduit le texte, se rattachaient d'ailleurs, pour la plupart et assez exactement, aux six catégories principales suivantes :

I. Organes de transmission mécanique :

Chaises-supports, paliers et arbres de transmission. — Manchons d'accouplement, embrayages et débrayages. — Engrenages et transmissions par frottement. — Poulies. — Courroies, câbles, cordes et chaînes de transmission. — Renvois, changements de vitesse et transmissions intermédiaires.

II. Appareils pour la régularisation du mouvement et de la pression, pour le graissage, et pour les observations et mesures de l'ordre de la mécanique générale :

Régulateurs de vitesse et modérateurs de mouvement. — Régulateurs de pression. — Appareils de graissage et filtres à huile. — Manomètres et indicateurs du vide. — Compteurs de tours et tachymètres. — Compteurs de temps et chronographes. — Appareils et machines dynamométriques. — Appareils divers de précision, de mesure, de contrôle, de transmission d'indications à distance, de distribution, de calcul et d'enregistrement. — Appareils de pesage. — Machines pour les essais de matériaux. — Anémomètres et appareils de mesure de la vitesse des gaz. — Compteurs d'air, de vapeur, de gaz et de liquides.

III. Machines servant à la manœuvre des fardeaux et pour le transport des personnes :

Crochets, câbles et chaînes de levage. — Moufles et palans. — Crics et vérins. — Treuils, cabestans, grues, ponts-roulants, bigues, etc. — Câbles, chaînes, courroies et bandes de transport. — Trottoir roulant et chemins élévateurs. — Ascenseurs, monte-charges et monte-plats.

IV. Appareils hydrauliques élévatoires, machineries à eau et canalisations hydrauliques :

Pompes et norias. — Injecteurs, éjecteurs et pulsomètres. — Béliers, hydro-élévateurs, etc. — Presses hydrauliques et accumulateurs. — Multiplicateurs et réducteurs de pression. — Distributeurs d'eau comprimée, appareils à pression d'eau, etc. — Canalisations d'eau et accessoires.

V. Appareils pour la compression et la raréfaction de l'air et des gaz, ventilateurs, et machineries à air comprimé ou raréfié :

Ventilateurs et souffleurs. — Compresseurs et raréfacteurs. — Canalisations d'air, etc., et accessoires. — Appareils pneumatiques et transmissions de puissance par le vide ou par l'air comprimé.

[1] Je renouvelle en outre tous mes remerciements à MM. Domange fils, qui avaient collaboré à la Note remise par leur père, ainsi qu'à mon distingué camarade M. l'Ingénieur Henri Mamy, à qui je fus à ce même moment redevable de renseignements du plus grand intérêt sur la question des appareils et associations pour prévenir les accidents de machines.

VI. Matériel de secours contre l'incendie et prévention des accidents du travail : Appareils et matériel de premier secours. — Pompes à incendie et matériel à l'usage des sapeurs-pompiers. — Associations et appareils pour prévenir les accidents de machines.

C'est dans cet ordre même que nous allons rappeler en six Chapitres distincts les décisions par lesquelles le Jury qui a bien voulu nous confier la rédaction de ce Rapport s'est fait un devoir de reconnaître le mérite, les efforts et le succès d'un nombre considérable d'exposants, sur lesquels 36 se trouvaient être hors concours et dont les autres se sont vu respectivement attribuer :

Grands prix	20	Médailles de bronze	82
Médailles d'or	50	Mentions honorables	71
Médailles d'argent	89	Ensemble	312

Au total, — et y compris les 36 classements hors concours, — 348 récompenses d'exposants[1], auxquelles vinrent s'ajouter au titre de collaborations avec ces derniers :

Grand prix	1	Médailles de bronze	50
Médailles d'or	30	Mentions honorables	34
Médailles d'argent	37	Ensemble	152

Soit, en tout, 152 récompenses des divers ordres pour les collaborateurs[2].

Nous aurons soin, du reste, et pour plus de clarté, de faire suivre l'intitulé de chaque Chapitre de la nomenclature succincte des objets de son ressort et de mentionner, pour chacun d'eux aussi, les principales contributions d'exposants mis hors concours ou récompensés au titre de la Classe, en faisant accompagner d'un astérisque le nom de ceux d'entre ces exposants dont une mention d'ensemble ou plus particulière figure à la fois dans ce Chapitre et dans un ou plusieurs des Chapitres précédents.

Nous donnerons, de plus, à la suite du présent Rapport — Annexe n° II, pages 125 à 156 ci-après, — l'indication, par pays et par spécialité, des principales contributions des divers exposants mentionnés au Chapitre correspondant à cette spécialité même; et nous présenterons enfin, pour terminer notre travail, — Annexe n° V, pages 170 et 171, — un tableau résumant, par nationalités, le nombre des récompenses de chaque espèce décernées tant aux exposants de la Classe 21 de l'Exposition de 1900 qu'à leurs collaborateurs.

[1] Voir aux Annexes, sous le n° III, — pages 157 à 164, — l'état alphabétique, et par nationalités, des exposants hors concours et des exposants récompensés de la Classe 21.

[2] Voir aux Annexes, sous le n° IV, — pages 165 à 168, — l'état, également alphabétique et par pays, des collaborateurs récompensés au titre de la même Classe.

CHAPITRE PREMIER.

ORGANES DE TRANSMISSION MÉCANIQUE [1].

Chaises-supports, paliers et arbres de transmission. — Manchons d'accouplement, embrayages et débrayages. — Engrenages et transmissions par frottement. — Poulies. — Courroies, câbles, cordes et chaînes de transmission. — Renvois, changements de vitesse et transmissions intermédiaires.

A. — EXPOSANTS HORS CONCOURS.

13 dont 1 pour l'Allemagne et 12 pour la France, savoir :

Société des ingénieurs civils de France, à Paris. — Cette Association, qui, comme on sait, a notamment pour but d'éclairer par la discussion et le travail en commun les questions d'art relatives au Génie civil, — de concourir au développement des sciences

[1] L'ordre adopté dans chacune des listes qui vont suivre a été déduit, autant que possible, de la correspondance entre les objets présentés par les exposants et la nomenclature de principe figurant en sous-titre à cette page même.

D'autre part, comme un certain nombre d'objets du ressort de ce Chapitre rentraient également dans les attributions d'autres classes que celle des appareils divers de la mécanique générale, nous croyons devoir donner en complément de référence l'indication des principales d'entre ces classes, avec, pour chacune d'elles, un ou plusieurs extraits spéciaux et correspondants de son programme officiel, savoir :

Classe 16. *Médecine et chirurgie.* — Appareils de gymnastique médicale. Instruments destinés à la pratique de l'art dentaire.

Classe 30. *Carrosserie et charronnage.* — Voitures à moteur mécanique. Vélocipèdes. Pièces détachées, produits et inventions se rattachant à la vélocipédie.

Classe 54. *Engins, instruments et produits des cueillettes.* — Caoutchouc; gutta-percha.

Classe 65. *Petite métallurgie.* — Câbles métalliques.

Classe 81. *Fils et tissus de lin, de chanvre, etc. Produits de la corderie.* — Câbles et cordes.

Classe 87. *Arts chimiques et pharmacie : matériel, procédés et produits.* — Matériel et procédés de la fabrication des caoutchoucs pour l'industrie, des succédanés du caoutchouc et des objets de gutta-percha. Caoutchouc pour industrie; gutta-percha.

Classe 89. *Cuirs et peaux : matières premières, matériel, procédés et produits.* — Matériel et procédés de la tannerie, de la corroirie, de la mégisserie, et, en général, des diverses préparations auxquelles sont soumis les cuirs et peaux. Cuirs tannés. Cuirs tannés et corroyés.

Classe 99. *Industrie du caoutchouc et de la gutta-percha : matériel, procédés et produits. Objets de voyage et de campement.* — Produits généraux de l'industrie du caoutchouc et de la gutta-percha.

N. B. — Voir aussi, mais pour partie seulement, les extraits ci-dessous de références d'ordre général ou bien communes à plusieurs catégories de la Classe 21 :

Classe 6. *Enseignement spécial industriel et commercial.* — Matériel d'enseignement. Résultats obtenus.

Classe 10. *Architecture.* — Dessins, photographies et modèles de travaux exécutés (édifices publics et constructions privées).

Classe 12. *Photographie.* — Applications scientifiques et autres de la photographie.

Classe 13. *Librairie; éditions musicales. Reliure (matériel et produits). Journaux, affiches.* — Collections d'ouvrages formant des bibliothèques spéciales. Revues et autres publications périodiques. Dessins, atlas, albums.

Classe 19. *Machines à vapeur.* — Accessoires de chaudières. Procédés d'essai et de contrôle des appareils à vapeur.

Classe 20. *Machines motrices diverses.* — Organes et accessoires des récepteurs hydrauliques et des ma-

appliquées aux grands travaux de l'industrie, — d'étendre, par le concours actif de ses membres, l'enseignement professionnel parmi les ouvriers et les chefs d'atelier ou d'industrie, — de poursuivre enfin par l'étude des questions d'économie industrielle, d'administration et d'utilité publique, l'application la plus étendue des forces et des richesses du pays, — présentait l'ensemble de ses travaux dans ces directions diverses depuis sa fondation il y a plus d'un demi-siècle : travaux extrêmement variés et considérables, et dans lesquels une large part a toujours été très spécialement faite aux questions qui concernent le matériel et les procédés généraux de la Mécanique.

Titulaire d'un diplôme d'honneur à Paris en 1878 et d'un grand prix à l'Exposition de 1889, elle avait été placée hors concours en 1900 parce que nombre de ses membres appartenaient au personnel supérieur ou bien au Jury des récompenses de l'Exposition universelle.

Son président, en particulier, était membre de droit de la Commission supérieure, et, pour ne parler que de la Classe 21 [1], l'un des jurés de cette classe, M. S. Périssé, avait fait partie pendant neuf ans du Comité de l'Association exposante pour en devenir l'un des vice-présidents de 1885 à 1890; un deuxième, M. Paul Roger, était, en 1900, membre depuis quatre ans de ce même Comité; quatre autres jurés enfin, MM. Éd. Bourdon, C. Butticaz, A. Domange, E. Stein, et trois des experts de la classe, MM. J. Digeon, L. Edoux et A. Piat, appartenaient comme moi-même, et depuis un temps plus ou moins long, à la Société française des ingénieurs civils.

chines à air chaud, à gaz, à pétrole, à air comprimé ou raréfié, à ammoniaque, à acide carbonique.

Classe 27. *Applications diverses de l'électricité.* — Appareils scientifiques et instruments de mesure.

Classe 28. *Matériaux, matériel et procédés du génie civil.* — Travail des matériaux de construction : outillage et procédés.

Classe 29. *Modèles, plans et dessins de travaux publics.* — Publications diverses relatives aux travaux publics. Travaux de l'Exposition universelle de 1900.

Classe 32. *Matériel des chemins de fer et tramways.* — Publications diverses relatives aux chemins de fer.

Classe 33. *Matériel de la navigation de commerce.* — Outillage spécial pour chantiers de constructions navales et pour ateliers de construction des machines marines. Publications diverses relatives à la navigation de commerce.

Classe 36. *Matériel et procédés de la viticulture.* — Matériel des chais et caves.

Classe 63. *Exploitation des mines, minières et carrières.* — Plans d'exploitation de mines. Publications diverses relatives à l'exploitation des mines.

Classe 64. *Grosse métallurgie.* — Fabrication des tubes soudés ou sans soudure.

Classe 65. *Petite métallurgie.* — Outillage de forge, de chaînerie. Robinetterie. Chaînes. Tuyaux et tubes étirés en divers métaux.

Classe 73. *Cristaux, verrerie.* — Appareils en verre à l'usage des sciences.

Classe 88. *Fabrication du papier : matières premières, matériel, procédés et produits.* — Papiers employés dans la construction des machines et engins mécaniques.

Classe 114. *Matériel colonial.* — Outillages divers spéciaux aux pays en voie de colonisation.

Classe 116. *Armement et matériel de l'artillerie.* — Matériel des arsenaux et fabriques d'armes de guerre. Matériel d'artillerie.

Classe 117. *Génie militaire et services y ressortissant.* — Matériel du génie.

Classe 118. *Génie maritime. Travaux hydrauliques. Torpilles.* — Appareils auxiliaires des navires de guerre. Outillage des arsenaux.

[1] La Société des ingénieurs civils était en outre hors concours dans les Classes 27, *Applications diverses de l'électricité;* 29, *Modèles, plans et dessins de travaux publics;* 32, *Matériel des chemins de fer et tramways;* 64, *Grosse métallurgie*, et 87, *Arts chimiques et pharmacie.*

MM. Guilliet et fils, à Auxerre (Yonne). — M. Germain Guilliet, membre du Jury de la Classe 22. « Machines-outils ».

Cette maison figure ici au titre des organes de transmission, et il convient de rappeler à cet égard qu'une partie de ses importants travaux de construction de machines à travailler le bois s'applique à l'établissement de paliers graisseurs à bagues, d'engrenages, de poulies en fonte, en fer et en bois, de courroies en cuir et de transmissions intermédiaires.

Société par actions de constructions mécaniques de Berlin-Anhalt, à Berlin et Dessau (Allemagne). — M. E. Blum, directeur des usines de construction de la Société [1], membre du Jury de la Classe 21.

Cette Compagnie, dont les ateliers construisent, entre autres produits excellents, une grande variété de paliers, d'arbres de transmission, de manchons d'accouplement, d'embrayages, de poulies, d'appareils de graissage et de matériel de commande par câbles et par courroies, avait, au Palais des machines, édifié en pièces détachées de transmissions, très heureusement groupées, la porte d'entrée de la Section allemande.

Elle exposait de plus, en commun avec la « Stettiner Chamotte-Fabrik Aktien-Gesellschaft », le modèle fort intéressant d'installations mécaniques pour l'emmagasinage et le transport automatique de la houille et du coke dans une usine à production de gaz [2].

M. A. Piat et ses fils, à Paris. — M. Albert Piat, expert du Jury de la Classe.

Ces ingénieurs figuraient dans plusieurs parties de l'Exposition et leur effort principal s'était porté sur la Classe 21 où était présentée une collection de leurs nombreux types, si répandus et de construction fort soignée, de paliers graisseurs, de paliers pour arbres verticaux, de supports pour paliers, de manchons d'accouplement, d'embrayages, de poulies en fer, d'engrenages de la plus grande variété, de renvois, de réducteurs de vitesse et de pièces diverses de transmission moulées mécaniquement pour la plupart.

Ils exposaient, également, un appareil passe-courroie et un embrayage à dispositif d'arrêt instantané, un treuil de manœuvre de riveuse électrique, des chaînes à maillons détachables et des godets pour transporteurs et élévateurs, plusieurs photographies enfin d'appareils établis par leurs soins. Nous ne saurions, à ce dernier propos, manquer d'ajouter à leur éloge, qu'on leur était redevable de l'étude ou de la construction des mécanismes de l'« Aquarium [3] » et du « Panorama des wagons-lits [4] », des roues du « Manège à marche sinueuse », de la carcasse du « Sidérostat géant » du « Palais de l'optique [5] »,

[1] Les ateliers de Dessau ont la spécialité des transmissions mécaniques, et l'usine de Berlin celle des wagons à voyageurs et à marchandises, du matériel d'usines à gaz et des installations hydrauliques.

[2] Ont obtenu, au titre de la Classe 21 et comme collaborateurs de la Société de constructions mécaniques de Berlin-Anhalt :

M. Heinrich Roth, une médaille d'or;

M. Ernst Krabbe, une médaille d'argent;

M. A. Podolsky, une médaille de bronze.

[3] Œuvre très artistique de MM. Guillaume.

[4] Ce Panorama, dû au pinceau de MM. Jambon et Bailly, déroulait devant un train de luxe de la Compagnie internationale des wagons-lits les vues les plus intéressantes du parcours du chemin de fer transsibérien.

[5] L'organisation de ce Palais était l'œuvre de M. François Deloncle, et son grand sidérostat, en particulier, avait été construit par un savant artiste de précision, M. Paul Gautier.

de 180 treuils de Mocomble servant à actionner le «Trottoir roulant» et de 17 d'entre les rampes mobiles[1] qui desservaient les galeries de premier étage de l'Exposition[2].

MM. A. Domange et fils, à Paris. — M. Albert Domange, membre du Jury de la Classe 21.

[1] Ces appareils, comme les chemins élévateurs dont il sera fait mention à la page 54 pour M. J. Le Blanc, et à la page 55 pour la Société française de constructions mécaniques, complétaient fort heureusement les moyens de transport à l'intérieur de l'Exposition : animés en effet d'un mouvement continu, ils pouvaient, dans les conditions normales de marche, élever chacun par heure de 3,000 à 3,500 personnes.

Les uns comme les autres avaient d'ailleurs donné lieu, entre constructeurs français, à un concours dont les principales dispositions étaient les suivantes :

«Les appareils, établis pour une seule file de voyageurs, devront avoir les proportions ci-après :

Largeur intérieure, à l'endroit où reposent les pieds.....	0^m 500
Largeur intérieure à la hauteur des rampes.....	0 900
Inclinaison du chemin par mètre....	0 330

«Ils devront être calculés pour une charge de voyageurs de :

	voyageurs
Normalement, un par mètre, soit.....	20
Au maximum, deux par mètre, soit.....	40

«La hauteur, du sol du rez-de-chaussée au sol des galeries, est de 7 à 8 mètres.

«Les vitesses de translation seront :

Vitesse minimum.....	0^m 500 à la seconde
Vitesse maximum.....	0 600

«Les poutres-longerons des chemins élévateurs seront soutenues, en tête, au plancher de l'étage, par une ou deux épontilles reposant sur un massif arasé au niveau du sol; elles pourront, en outre, être soutenues, en un point de leur longueur, par une ou deux autres épontilles établies dans l'alignement des Palais.

«Les baies d'arrivée dans le plancher supérieur, aménagées par les soins de l'Exposition, mais pourvues d'un garde-corps au frais du concessionnaire, auront 2 mètres de largeur et 10 m. 65 de longueur.

«L'organe transporteur proprement dit sera constitué par un tablier sans fin, de matière souple et résistante, à déroulement continu et uniforme. Il sera actionné par l'électricité et son ensemble devra fonctionner sans bruit.

«Tous les organes mécaniques ayant besoin de graissage devront être soustraits au contact des voyageurs.

«La dynamo motrice et sa transmission, groupées aussi près que possible de l'appareil, auront tous leurs organes facilement accessibles, et toutes les dispositions devront être prises pour qu'en cas d'avaries quelconques du treuil moteur, le chemin chargé de voyageurs ne puisse prendre un mouvement descendant.

«Les rampes latérales ou mains-courantes auront la même vitesse que le chemin et seront formées d'un câble sans fin, garni de telle sorte qu'il présente, sous les mains des voyageurs, un appui doux et propre. La partie supérieure de ce câble, à hauteur de main, sera seule apparente; la partie inférieure et tous les organes du mouvement seront enfermés dans des gardes latérales, placées de part et d'autre du chemin. Ces gardes seront à parois pleines et lisses, pour ne présenter aucune aspérité pouvant accrocher les vêtements des voyageurs.

«Les appareils installés seront considérés comme objets exposés et seront notamment inscrits au Catalogue et soumis à l'examen du Jury international; ils concourront pour l'obtention des récompenses. Les appareils resteront donc la propriété du concessionnaire, qui en disposera librement après la fermeture de l'Exposition.»

A la suite de ce concours ouvert par l'Administration, il fut installé dans les différentes galeries, 17 rampes mobiles du système Hallé (voir ci-après, p. 62) par la maison A. Piat et ses fils, 5 tapis roulants de son système particulier par M. J. Le Blanc, et 5 chemins élévateurs, système Reno, par la Société française de constructions mécaniques (voir respectivement aux pages 54 et 55 ci-dessous).

En outre, et comme il sera dit plus loin, — pages 60 et 63, — l'Otis Elevator C° et la maison Mazeran et Sabrou exposaient, la première un escalier transporteur électrique système Seeberger, en service dans l'un des Palais du Champ de Mars, et la seconde deux chemins élévateurs système Granddemange, à mouvement électrique également et qui donnaient accès à la «Plate-forme roulante».

[2] Il a été décerné par le Jury des appareils divers de la mécanique générale cinq récompenses de collaborateurs à la maison A. Piat et ses fils, savoir :

Une médaille d'or à M. Augustin Thomas;

Une médaille d'argent à M. Alphonse Capet;

Et une médaille de bronze à M. Jules Harang, ainsi qu'à MM. Chrétien Pax et Dominique Robert.

La remarquable exposition de notre collègue et de ses collaborateurs, — aussi bien dans cette dernière classe que dans celle des « Cuirs et peaux », où leur contribution était également considérable, — donnait une idée frappante de la puissance de leur production et de l'excellente qualité des cuirs d'emplois fort variés qu'ils fabriquent, de leurs courroies de transmission notamment, pour lesquelles la haute réputation de leur maison est dès longtemps acquise et si légitimement établie[1].

M. Fortier-Beaulieu jeune, à Roanne (Loire). — M. Édouard Fortier-Beaulieu, membre suppléant du Jury de la Classe 89, « Cuirs et peaux ».

La vitrine de cet exposant contenait des échantillons de courroies en tous genres de sa spécialité, ainsi que de ses cuirs de chasse-navettes, marque « Melior », également installés sur plusieurs machines françaises et étrangères de la Classe 77, « Matériel et procédés de la fabrication des tissus ».

M. E. Fortier-Beaulieu, qui présentait, d'autre part, dans la Classe 89 d'importants spécimens de ses courroies et cuirs à courroies, avait, en outre, fourni à l'Administration de l'Exposition une courroie en cuir souple à usage de dynamos, et de sa fabrication spéciale.

MM. L. François, A. Grellou et Cie, à Paris. — M. Lucien François, membre du Jury de la Classe 54, « Engins, instruments et produits des cueillettes ».

Cette maison, qui revendique le mérite d'avoir créé depuis plus de huit ans, en France, l'industrie des courroies de balata, exposait notamment ce genre de produits de sa fabrication en insistant sur l'intérêt qu'ils présentent, tant au point de vue de leur adhérence due à la matière collante qui en imprègne et en unit les toiles, qu'à celui de leur faible extensibilité, de leur résistance élevée à la rupture et de leur aptitude à fonctionner sans altération dans l'humidité[2].

M. Guillaume-L. Krempp, à Paris, membre du Jury de la Classe 89, « Cuirs et peaux ».

La participation de ce constructeur à l'exposition de la Classe 21 comprenait une machine à mouvement continu pour le jonctionnement des courroies, une machine à égaliser, une machine à couper les bandes de courroies, et une machine de création récente pour la fabrication des courroies rondes de transmission à l'aide de bandes de cuir rectangulaires.

De plus, et indépendamment de sa contribution à la « Centennale » de la Classe 89, M. Krempp présentait diverses machines pour le travail des cuirs et peaux, dans cette dernière classe ainsi que dans celle des « Matériel et procédés de la couture et de la fabrication de l'habillement »[3].

[1] Une médaille d'or a été accordée, dans la Classe 21, à M. Victor Coquatrix en sa qualité de collaborateur de MM. Domange et fils.

[2] et [3] M. Nicole et M. Georges Keller ont obtenu l'un et l'autre, dans la même Classe, une médaille de bronze comme collaborateurs, le premier de la maison François, Grellou et Cie, et, le second, de M. G.-L. Krempp.

Maison Vve Placide Peltereau le Jeune frère, à Château-Renault (Indre-et-Loire). — M. Placide Peltereau, rapporteur du Jury de la Classe 89, « Cuirs et peaux ».

Les produits exposés par cette maison représentaient la fabrication de cuirs à courroies et de courroies, ainsi que diverses applications du cuir à la Mécanique.

M. Ch. Poullain-Beurier, à Paris, président du Jury de la Classe 89, « Cuirs et peaux ».

Cet exposant présentait des spécimens de son travail des cuirs et de sa fabrication d'articles en cuir, cordes et courroies de transmission.

Société industrielle des téléphones, à Paris. — M. Henry Léauté, administrateur délégué de la Société, président du Jury de la Classe 21.

Les produits hautement appréciés de la Société des téléphones rentrent en partie dans le cadre des appareils divers de la Mécanique générale. On lui doit, en effet, la construction des excellents avertisseurs d'incendie, système Digeon, et, d'autre part, elle fabrique nombre d'articles en caoutchouc parmi lesquels nous citerons notamment :

Les feuilles, clapets, joints et rondelles pour compagnies de navigation, matériel de chemins de fer, papeteries, tanneries, sucreries, etc.;

Les tuyaux d'aspiration et de refoulement pour arrosage, brasseries, pompes à incendie, vidanges, etc.;

Les tuyaux de freins pour chemins de fer;

Les tuyaux spéciaux pour vapeur, pour essai de chaudières, pour perforatrices;

Les courroies de transmissions, résistant au froid, à la sécheresse et à l'humidité, pour papeteries, filatures, usines de produits chimiques, mines;

Les courroies-transporteurs pour betteraves, grains, minerais, etc., et que la Société peut établir dans les largeurs les plus considérables qui existent, grâce à l'emploi de presses à vulcaniser de très grandes dimensions;

Les courroies en balata travaillant dans l'humidité;

Les bandes sans fin pour scieries et courroies-guides pour papeteries;

Les gants et moufles pour tanneurs, fabricants de produits chimiques, électriciens, etc.

Il convient d'ajouter, au sujet des courroies balata, que la Compagnie en fait depuis plus de sept ans la fabrication, et que des études poursuivies avec méthode l'ont dotée de procédés et de tours de main spéciaux permettant de fournir des produits irréprochables; que grâce à son puissant outillage elle peut rapidement livrer toutes les longueurs de courroies, et que son exposition de la Classe 21 a permis au public de se rendre un compte exact de ce qu'elle était capable de faire dans cette branche d'industrie, toute récente cependant pour elle.

Un laboratoire d'essais mécaniques, que la Société si habilement dirigée par notre éminent et très affectionné président complète chaque année par l'installation de

machines nouvelles, lui permet du reste d'éprouver avant leur livraison les produits de ses importantes usines[1].

Société de la commission des ardoisières d'Angers, Larivière et Cie. — M. Georges Bordeaux-Montrieux, président du Conseil d'administration de la Société, membre du Jury de la Classe 63, « Exploitation des mines, minières et carrières ».

La Commission des ardoisières présentait une remarquable suite de câbles métalliques de sa fabrication, dont l'emploi en Mécanique, d'abord restreint à des applications spéciales, telles que les transmissions, les plans inclinés et les plans aériens, s'est considérablement étendu. C'est ainsi que les établissements Larivière fournissent à l'heure actuelle, pour les appareils de levage, les monte-charges et ascenseurs, nombre de câbles ronds ou plats, parmi lesquels on doit citer ceux qui sont entrés dans la construction des ascenseurs installés par la Compagnie de Fives-Lille pour le service des deux premiers étages de la Tour Eiffel.

Comme la Société des téléphones, la Commission des ardoisières possède un laboratoire d'essais des éléments et des produits de la fabrication dont elle a été, dès longtemps, en France, l'active et bienfaisante initiatrice[2].

MM. Saint frères, à Paris. — Feu M. Charles Saint, président du Jury de la Classe 81, « Fils et tissus de lin et de chanvre, produits de la corderie ».

Plusieurs des nombreuses usines de ces exposants, considérablement développées depuis près d'un demi-siècle, produisent des câbles de chanvre et de manille pour transmissions, ainsi que des câbles d'extraction pour les mines, qui les uns comme les autres étaient remarquablement représentés à l'Exposition de 1900.

B. — MÉDAILLES D'OR[3].

11 dont 6 pour la France, 3 pour l'Allemagne, 1 pour la Belgique et 1 pour les États-Unis :

MM. Friedrich Stolzenberg et Cie, de Berlin-Reinickendorf, avaient été particulièrement distingués par le Jury pour leur fabrication d'engrenages de tous genres, à taille fort soignée : roues droites, crémaillères, roues à denture intérieure, roues d'angle, roues hélicoïdales, vis sans fin à bain d'huile, roues et pignons pour moteurs de tramways, engrenages pour voitures automobiles, réducteurs de vitesse, etc.

M. Jules Gustin fils aîné, de Deville (Ardennes), dont nous aurons à rappeler

(1) Ont été décernées, au titre des appareils divers de la mécanique générale et en leur qualité de collaborateurs de la Société des téléphones :

Une médaille d'or à M. Charles Iung ;

Une médaille d'argent à M. William Hausser, ainsi qu'à M. Jacques Level ;

Et une médaille de bronze à M. Eugène Genet.

(2) M. François Baud s'est vu, au même titre, attribuer une médaille de bronze comme collaborateur de MM. Larivière et Cie.

(3) Voir, ci-dessus, la note de la page 9.

notamment le nom à la Section des machines pour la manœuvre des fardeaux, présentait spécialement, dans celle des organes de transmission, des paliers graisseurs, des poulies en fer et un embrayage automatique pour l'accouplement des moteurs.

Cet exposant signalait également au Jury son épurateur particulier de déchets d'huiles, et avait mis sous les yeux du public une intéressante série d'appareils de levage dans laquelle on remarquait divers types de palan et de treuil à frein automatique; de treuil pour monte-charges à frein constant; de palan à vis à noix indépendante; de cric à retour rapide et de sonnette sans déclic; une grue à main de type courant, à voie normale, principalement à l'usage des chantiers, et deux ponts roulants électriques, de la force respective de 1,500 et de 7,000 kilogrammes, le second sur chevalets et, l'un comme l'autre, à un seul moteur pour les différentes manœuvres.

La maison Veuve J. Lechat et Cie, de Gand, qui possède, en outre, une usine à Lille et un dépôt à Paris, exposait notamment :

Des courroies en coton de toutes dimensions, couramment fabriquées par ses soins jusqu'à 3 mètres de largeur et pour les applications les plus diverses, — attaques principales d'usines, courroies de trains de laminoirs, courroies pour grandes dynamos, transports de force ou éclairage, courroies spéciales pour appareils de glaceries, pour métiers de filature, etc.;

Des courroies en cuir, en balata, en poil de chameau, en chanvre pour moulins, etc.;

Des appareils tendeurs enfin et des produits pour l'entretien et l'assouplissement des courroies.

Dans leur notice distribuée au Jury, ces exposants faisaient observer que la fabrication des courroies en matières textiles a été importée en Belgique par M. J. Lechat, en 1877, et revendiquaient pour leur maison le mérite d'avoir créé, de toutes pièces, les machines et appareils très variés en usage dans cette fabrication[1].

MM. Frantz Pretzel et Cie, de Berlin, qui se sont fait une importante spécialité de grandes courroies motrices, présentaient les articles suivants, fabriqués dans leurs différentes sections :

a. Cuirs et articles en cuir : lanières, cordes rondes et cordes tordues, courroies de transmission, courroies pour batteurs de filatures, seaux d'incendie, courroies à maillons articulés, disques et cônes à friction, cuirs emboutis, cordes câblées, clapets de pompes, etc.;

b. Enduit spécial pour l'adhérence des courroies;

c. Anneaux en zinc et amiante, rondelles à joints en amiante métallisé, tuyaux en caoutchouc;

d. Monte-courroies « Triumph », extincteurs d'incendie, agrafes pour câbles métal-

[1] Trois récompenses de collaborateurs ont été accordées, dans la Classe 21, à la maison Veuve J. Lechat et Cie, savoir :

Une médaille d'argent à M. Eugène Barit;
Une médaille de bronze à M. Aquaviva;
Et une mention honorable à M. Minnaert.

liques, graisseurs Stauffer, graisseurs à distance, rivets et agrafes pour courroies et pour cordes en cuir, appareils à percer, ciseaux et tendeurs pour courroies, compteurs de tours, bagues protectrices empêchant la désagrégation des tubes de niveau d'eau, etc.

MM. Chas. A. Schieren et Cie, de New York, exposaient de beaux échantillons de leurs cuirs à courroies, de cuirs spéciaux pour lacets et pour soupapes, et de leurs genres très variés de courroies de transmission.

Leurs courroies plates, en particulier, sont étirées au moyen de puissantes machines et soumises à de fortes pressions destinées à assurer la résistance comme la fermeté de leurs joints, et les cuirs entrant dans leur fabrication sont tous préparés avec le plus grand soin par le procédé de l'écorce de chêne dans leurs importantes tanneries de Bristol, Tennessee.

M. Otto Gehrckens, de Hambourg, avait à la Classe 21 une contribution fort intéressante qui, spécialement, comportait :

Une série de modèles de la race bovine, montrant les différentes conformations et natures de la peau suivant les espèces;

Une peau tannée formant le devant d'une courroie de 3 m. 20 de largeur, longue de plus de 50 mètres et d'un poids supérieur à 2,000 kilogrammes;

Diverses photographies d'ateliers relatives aux phases successives de la fabrication de cette courroie;

Une courroie ayant transmis la puissance de 82 chevaux à la vitesse de 66 m. 2 par seconde;

Des courroies de différentes dimensions et pour usages variés;

Des agrafes et une chaîne démonstrative de divers systèmes de jonctionnement;

Des courroies demi-croisées et des courroies pour cônes à marche ouverte et à marche croisée;

Deux modèles démonstratifs de la marche à l'angle, demi-croisée, et de la marche ouverte et croisée sur poulies coniques;

Des cordes en cuir plein et en cuir tressé;

Des cuirs pour emboutis et seaux de divers diamètres;

Une courroie en buffle de 0 m. 40 de large et d'une longueur de plus de 90 mètres;

Des échantillons de cuirs de morse, d'hippopotame et d'éléphant;

Le modèle, enfin, de divers systèmes de mise des courroies sur poulies pendant leur marche.

M. Henri Chartran, de Paris, dont l'exposition comprenait également des courroies et des lanières faites avec des cuirs tannés au chrome, présentait avant tout, et dans la forme pratique et courante de sa fabrication, une importante série de courroies en cuir tanné à l'écorce de chêne[1].

[1] MM. Albert Poulard et Jean Masson, au titre des appareils divers de la mécanique générale, ont obtenu, le premier une médaille de bronze, et, le second, une mention honorable en leur qualité de collaborateurs de la maison H. Chartran.

IMPRIMERIE NATIONALE.

M. Léon Leverd-Drieux, de Lille, appelait l'attention du Jury sur les résultats de son industrie de la préparation des cuirs et de leur transformation en courroies et nombreuses pièces découpées, tirants de châssis de glaces, cuirs pour obturateurs, clapets de pompes, etc.

Ses courroies de transmission, notamment, douées d'une faible extensibilité, sont appréciées pour les commandes de dynamos et, entre autres applications, pour les métiers renvideurs dans les filatures de coton et de laine.

M. Jules Moisy, de Paris, avait compris dans son exposition d'intéressants spécimens de cuirs pour divers emplois mécaniques, tels que courroies de transmission, emboutis pour pompes et presses hydrauliques, tuyaux de pompes à incendie, clapets, cônes, disques, etc.

MM. Saint-Cric et Debray, d'Ivry-Port (Seine), présentaient des échantillons de leur fabrication de courroies en cuir, coton cousu et plié, balata et poils de chameau.

Les produits, enfin, de M. Charles Sébin fils, de Paris, se distinguaient par leur mérite et leur intéressante variété.

On remarquait, en effet, dans l'exposition de ce constructeur, les différents modèles de chaîne Vaucanson en usage dans les industries mécanique et textile, ainsi que la série, complètement et très clairement présentée, des divers types de chaîne Galle, si appréciés pour les transmissions en général, et, tout particulièrement, pour le cyclisme et les véhicules à traction mécanique comme pour les appareils de levage ou de transport.

C. — MÉDAILLES D'ARGENT [1].

24 dont 11 pour la France, 3 pour l'Allemagne, 1 pour l'Autriche, 2 pour les États-Unis, 3 pour la Grande-Bretagne, 2 pour l'Italie, 1 pour le Japon et 1 pour la Suisse :

M. Émile Chouanard, de Paris, dont nous aurons à rappeler notamment le nom à la Section des appareils de levage, présentait des arbres en acier comprimé, des renvois et des chaises de transmission, des distributeurs d'huile, des dynamomètres à cadran pour traction, des crochets divers, des treuils simples et d'applique de différents modèles, des vérins à vis, un vérin hydraulique de grande puissance et un treuil de pont roulant, à frein spécial et de la force de 6 tonnes [2].

La maison Mossberg Roller Bearings, limited, de Londres, exposait une intéressante série de paliers droits et de paliers de butée à rouleaux.

[1] Voir, ci-dessus, la note de la page 9.

[2] MM. Léopold Fau, Gaston Legat et Émile Meyer, de la maison Chouanard, ont chacun obtenu, dans la Classe 21, une médaille de bronze de collaborateur.

M. Lucien Neu, de Lille, soumettait au Jury un modèle de palier à billes à graissage automatique et à rattrapage de jeu, destiné aux arbres à efforts longitudinaux de poussée ou de traction, tels que porte-hélices de bateaux et arbres de vis sans fin.

La Rice Gear C°, de Hartford (États-Unis), et l'American Steel Pulley C°, de Chicago, présentaient respectivement des engrenages de bonne construction et des poulies embouties démontables, entièrement exécutées en tôle d'acier doux.

M. Rudolph Chillingworth, de Nuremberg, avait à la Classe 21 une intéressante contribution de ses ateliers d'étirage, de repoussage et d'estampage, comprenant des poulies en deux pièces, sans rivure ni soudure, étirées à chaud d'un seul morceau de tube, et des pièces de raccord pour conduites d'eau, de gaz ou de vapeur, étirées sans soudure et de haute résistance, ainsi que des couvre-engrenages pour moteurs de tramways, exécutés à froid et d'un seul coup et dont chaque moitié avait été étirée d'un seul morceau d'acier sans soudure.

La maison Rohrboeck, de Vienne (Autriche), exposait des poulies qui ont retenu l'attention du Jury.

M. Martial Bourguet, de Paris, présentait au public les quatre types de poulies en fer et acier de sa fabrication, savoir : de la série légère à bras olive à une patte fer et acier ; de la série demi-forte à bras ronds ; de la série forte à bras olive à deux pattes fer et acier ; de la série extra-forte enfin, à bras bi-tubulaires en acier. Et l'ensemble de son installation formait une sorte de beffroi couronné par un cadran d'horloge dont le mécanisme de commande était constitué à l'aide de courroies et de poulies non tournées, telles que M. Bourguet les livre à l'industrie, de manière à montrer par sa régularité de fonctionnement l'exactitude des diamètres et la rondeur de ces derniers produits.

M. Cohu, de Paris, exposait dans la Classe 21 ses poulies « Berto » sans bras en deux pièces, en tôle d'acier entièrement emboutie.

L'ingénieuse industrie de ce constructeur s'applique également à la fabrication de divers modèles de roues à la fois robustes et souples, dites « Bouclier », « Fermière » et « Touring », ainsi que de fûts de différents types pour la conservation, le transport et la pasteurisation des liquides, et c'est à ce titre que M. Cohu prenait également part à l'exposition des Classes 30, « Carrosserie et charronnage », 36, « Matériel et produits de la viticulture », 55, « Matériel et procédés des industries alimentaires » et 115, « Produits spéciaux destinés à l'exportation dans les colonies ».

En dehors d'une intéressante série de ses poulies en fer et acier, en tôle emboutie, et de ses poulies à gorge en fer, section U, pour câbles de transmission, M. Antoine Brancher, de Paris, présentait notamment, auprès de ses embrayages élastiques et de son monte-courroies « Simplex », un transformateur continu de vitesse et un embrayage différentiel droit étudiés par ses soins, les uns comme les autres applicables en Mécanique générale ou dans le tourisme.

M. Armand Janet, de Paris, signalait, auprès de ses « flexibles » à maillons arrondis,

divers perfectionnements par lui apportés à ce genre si commode de transmission en adaptant aux porte-outils qui en dépendent d'ingénieux dispositifs de sécurité d'emploi et de facilité de fonctionnement.

MM. Ad. Schwartz et Cie, de Berlin, présentaient leurs produits, du format courant jusqu'aux très grandes largeurs, sous la forme d'une importante collection de courroies en cuir plates ou à talons, de courroies articulées pour commandes d'usines ou transmissions, de courroies d'attaque de laminoirs, de dynamos, etc.

La fabrique Schwartz, qui construit également des courroies en poil de chameau ainsi que divers articles d'usages mécaniques en cuir, caoutchouc, amiante et gutta-percha, exposait en outre une plaque «Phénix» et une garniture de presse-étoupes préparées pour résister aux effets de la vapeur jusqu'à de hautes températures.

L'exposition de MM. Durio frères, de Turin, comprenait une intéressante série de courroies en cuir tanné par leur procédé de tannage ultra-rapide.

MM. J. Kaulhausen et fils, d'Aix-la-Chapelle, dont l'une des spécialités est la construction de courroies perforées, à marche légère et silencieuse, avantageusement applicables aux commandes de dynamos, présentaient de plus à l'appréciation du Jury leurs courroies collées sans couture en toutes largeurs, et leurs manchons et lanières pour peignages et filatures.

L'une de leurs grandes courroies perforées mettait en marche une puissante machine dynamo-électrique de l'Annexe du Palais de la Mécanique.

MM. A. Massoni et Moroni, de Schio (Italie), dont la fabrication s'applique également aux garnitures pour cardes de filatures, ont une grande spécialité de la confection des courroies tissées en poil de chameau, en crin, coton, chanvre, etc.

Leurs produits sont particulièrement appréciés dans les arsenaux de la Marine royale, et leur vitrine contenait, entre autres, une courroie en un seul tissu de $1^{m}20$ de largeur, ayant travaillé pour une transmission électrique de la puissance de 400 chevaux.

M. Tch. Nitta, dont la manufacture d'Osaka (Japon) est fort importante, soumettait à l'appréciation du Jury des courroies en cuir de transmissions en tous genres, ainsi que ses courroies imperméables et ses courroies de machines textiles.

M. D.-K. Mac Laren, de Montréal, présentait son genre de courroies en cuir tanné au chêne.

MM. Sampson et Cie, limited, de Stroud (Grande-Bretagne), exposaient des courroies préparées d'après leur méthode consistant à découper le croupon de cuir en spirale, de manière à former des bandes longues et étroites qui sont ensuite étirées et cousues côte à côte jusqu'à obtention de la largeur demandée; la réunion de ces éléments pouvant s'effectuer du reste par collage ou par chevilles en bois pour les courroies doubles et, pour les courroies simples, par couture au fil de chanvre ciré ou bien par collage de bandelettes préalablement fendues et entrecroisées.

L'exposition de MM. Sampson était complétée par des modèles comparatifs des largeurs de poulies nécessaires pour la transmission de l'énergie par courroies ordinaires, par courroies Sampson et par câbles en coton.

M. Ernest Masson fils, de Paris, présentait des échantillons intéressants de ses applications du cuir à la Mécanique : courroies de différents genres, à talons homogènes notamment, cuirs emboutis, cordes, etc., le tout en matières rendues peu extensibles à l'aide d'un appareil tendeur spécial.

Son exposition comportait également les divers accessoires d'emploi des courroies de transmission, tels que lanières, agrafes en cuivre et attaches de différents systèmes[1].

La contribution à la Classe 21 de M. Pol Chevallier, de Longeville (Meuse), comprenait une importante série de courroies collées à l'aide de sa colle spéciale, ou collées et cousues, soit en cuir avec ou sans talons, soit en cuir avec insertion de toile, et, pour un grand nombre, en cuir de très faible extensibilité.

M. Chevallier présentait en outre divers accessoires, tels que lanières de jonction, etc.

M. Jules de Tayrac, de Lille, soumettait au Jury les courroies en cuir tanné au chrome, qu'il fabrique en quantité considérable et dont il s'attachait à faire ressortir les divers avantages : avantages appréciés du reste par plusieurs autres industriels qui, reconnaissant l'intérêt de ce mode spécial de tannage, avaient jugé utile d'en joindre au moins quelques spécimens à leur exposition.

M. de Tayrac faisait également figurer ses produits dans la Classe 89 au titre des « Cuirs et peaux » et dans la Classe 77 à celui des cuirs pour l'industrie textile.

MM. Arcis, Long et Cie, de Lyon-Villeurbanne (Rhône), exposaient d'intéressants spécimens de la fabrication très variée qu'ils appliquent particulièrement à la confection des courroies en cuir jaune ou brun et en cuir de couleur verte, marque « Dynamo », rendu peu extensible par tension spéciale sur cadres ; des courroies en mêmes cuirs, homogènes ou articulées, et jusqu'à de grandes largeurs ; des courroies rondes ou tordues en cuir jaune ; des différents cuirs d'industrie tels que clapets, câbles de toutes sections et tuyaux de pompes à incendie ; et de divers accessoires pour le jonctionnement des cordes en cuir comme pour l'agrafage et la tension des courroies[2].

M. J. Delacroixriche, de Genève, présentait dans la collectivité suisse des cordages fort appréciés de transmission, exécutés en chanvre de choix filé à la main.

M. Ernest Benoit, de Paris, enfin (ancienne maison Galle et successeur des maisons Gouvernet et Vautier-Guyot), soumettait au Jury une intéressante collection de chaînes Vaucanson, de chaînes pour le tourisme, et de chaînes Galle dans leurs applications si

[1] Il a été attribué, au titre des appareils divers de la mécanique générale, deux récompenses de collaborateurs à la maison Ernest Masson fils, savoir :

Une médaille de bronze pour M. Kéromez ;

Et une mention honorable pour M. Célestin Cirade.

[2] M. Duroux, de la maison Arcis, Long et Cie, s'est vu accorder, au même titre, une médaille de bronze de collaborateur.

variées aux transmissions de mouvement en général comme à la manœuvre des appareils de levage et de transport.

M. Benoit exposait en outre dans la Classe 30, « Carrosserie et charronnage », des chaînes spéciales pour automobiles et pour bicyclettes.

D. — MÉDAILLES DE BRONZE [1].

22 dont 11 pour la France, 1 pour l'Allemagne, 2 pour la Belgique, 2 pour les États-Unis, 2 pour la Grande-Bretagne, 1 pour la Hongrie, 2 pour la Russie et 1 pour la Suisse :

M. Dominique-A. Casalonga, de Paris, présentait son modèle de palier à rouleaux avec lanterne-coussinet pour arbres de transmission de couche et fusées d'essieux, et nous aurons, de plus, à mentionner cet ingénieur au Chapitre des appareils de mesure, pour le compteur à eau sans pression qui figurait également sous son nom dans la Classe 21 [2].

La Roller Bearings C°, limited, de Westminster, exposait le système de paliers à rouleaux qu'elle construit et dont elle faisait ressortir les avantages pour nombre de transmissions mécaniques.

M. Charles Rudolph, de Paris, que nous devons particulièrement citer au titre des « flexibles » et des tuyauteries, et dont le mode de fabrication se prête en effet aussi à l'établissement d'arbres souples de transmission, présentait une collection de tuyaux métalliques flexibles, construits en ruban spiral profilé, à recouvrement partiel, pour la résistance aux pressions élevées d'eau, de vapeur ou d'air comprimé.

M. Rudolph signalait, en outre, ses modèles de chariot de secours et de poste d'incendie à tuyaux souples munis de bords renforcés et d'une grande rapidité de manœuvre.

M. Jules Bonnaffous, de Paris, soumettait notamment au Jury, avec ses poulies en fer système Gondin, son modèle de poulie mixte, dite poulie « Titan », en fers profilés, ainsi que l'accouplement automatique pour deux moteurs et l'embrayage à friction système Villard et Bonnaffous.

Le nom de ce constructeur sera du reste rappelé au Chapitre III en raison de son exposition d'appareils de levage, qui comprenait divers treuils système Mégy, une grue électrique avec treuil Villard et Bonnaffous, et trois appareils du même genre avec treuils Mégy, de la force de deux tonnes et d'une portée de 6 mètres [3].

M. Hugo Bilgram, de Philadelphie, présentait une importante série de roues dentées coniques, obtenues jusqu'à de grandes dimensions à l'aide de son intéressante machine à tailler les engrenages.

[1] Voir, ci-dessus, la note de la page 9.

[2] Voir, en outre, la contribution de M. D.-A. Casalonga au titre de l'emploi des plates-formes roulantes électriques, rappelée note 2, p. 58 ci-après.

[3] Une médaille de bronze a été décernée, dans la Classe 21, à M. Joseph Villard, pour sa collaboration avec M. J. Bonnaffous.

MM. Champenois-Rambeaux et Cie, de Cousances-aux-Forges (Meuse), exposaient les poulies de transmission en acier forgé dont ils construisent plusieurs séries : l'une légère, avec brassure en fer olive à simple patte; la deuxième forte, avec brassure en fer olive à double patte ; la troisième extra-forte, avec brassure en acier.

Entre autres produits du domaine de la Classe 21, MM. Champenois-Rambeaux et Cie présentaient, de plus, à l'appréciation du Jury leurs roues en fer et leurs roues mixtes en fer et bois pour pompes à bras et pompes à vapeur.

La Dodge Manufacturing Co, limited, de Toronto, MM. Mátrai, Feik et Cie, de Budapest, et M. Laurent Boachon, de Paris, signalaient au Jury les avantages de solidité, d'économie d'achat, de facilité d'installation et de bon fonctionnement de leurs poulies en bois : du modèle Dodge «Standard» pour la Compagnie canadienne; en bois dur et segments en forme de queue d'aronde, sans collage ni clouure, pour les exposants hongrois; et, pour M. Boachon, en bois de grisard, sapin et hêtre, travaillé et placé dans le sens de sa plus grande résistance.

M. Joseph Wegner, de Varsovie, exposait des courroies simples et doubles de sa fabrication, avec dispositifs spéciaux de plissement et de couture pour éviter les arrachements de joints.

MM. E. Decq et Cie, de Bruxelles, présentaient leurs courroies de transmission en cuir, crin, coton, chanvre et balata, des lanières de jonctionnement, différents autres accessoires, et une courroie triple de cuir, de 3 m. 80 de largeur, qui constituait, à l'honneur des exposants comme à celui de leur personnel, un travail de grande difficulté d'exécution.

Au sujet de son exposition dans la Classe 21, la Société en commandite Fr. Moeller, de Brackwede (Westphalie), insistait sur les qualités de résistance, de souplesse, d'adhérence et de légèreté de ses courroies en cuir tanné au chrome, et sur l'intérêt de la combinaison du cuir au tan et du cuir au chrome lorsqu'il s'agit de courroies à déclencher fréquemment ou bien à mettre en service sur poulies étagées.

La Société anonyme des anciens établissements Léon Lobet, de Verviers, soumettait au Jury ses courroies en cuir et en tissu; ses cordes tordues, cordes rondes, emboutis, manchons et lanières en cuir; ses courroies enfin au «chrome véritable», dont elle revendique d'avoir importé dans son pays la fabrication [1].

M. H. Wernecke, de Staefa (Suisse), dont nous aurons à rappeler notamment le nom à la Section des appareils contre l'incendie, présentait sa fabrication de longues courroies en poils de chameau, de courroies en coton fort homogènes, tissées dans toute leur épaisseur, et de tuyaux en chanvre écru, simples ou doubles, les uns comme les autres en tissu serré et se prêtant, par suite, à la résistance aux pressions élevées.

[1] MM. Henri Lince et Nicolas Orban se sont vu accorder le premier une médaille de bronze et le second une mention honorable, au titre des appareils divers de la mécanique générale et comme collaborateurs de la Société des anciens établissements Léon Lobet.

MM. Amelin et Renaud, de Paris, exposaient des croupons à courroies façon anglaise et des échantillons de leurs courroies en cuir simple ou double, ainsi que des courroies à talons, des cordes rondes ou tordues en cuirs divers et une série de leurs articles en cuir pour l'industrie textile, tels que rubans pour cardes, manchons de peignage, manchons de «Gills», secteurs pour peigneuses et fouets de chasse-navettes.

M. Gustave Branasky, d'Odessa, faisait figurer dans la Classe 21 une collection de manchettes pour presses hydrauliques et pompes, et quatre courroies de transmission à joints collés, avec ou sans couture, provenant en partie de sa fabrique de cuirs et en totalité de sa manufacture de courroies.

M. A. Delafraye, de Marissel-les-Beauvais (Oise), présentait d'une part, en cuir tanné et en petit cuir souple peu extensible, son genre de courroie homogène et des courroies collées simples et doubles, cousues ou non; et, d'autre part, en cuir chrome de sa fabrication, des courroies simples et doubles, collées avec ou sans couture, des lanières en vache et porc, des spécimens de corde torse, de garnitures de polissoir et de scie à ruban, de protecteurs pour chaînes de bicyclettes et d'automobiles, des manchons pour l'industrie textile, des câbles enfin de son système particulier pour transmissions, ponts roulants, treuils, renvideurs, etc., et dont il signalait les qualités de résistance, de facilité d'épissure, de souplesse, d'adhérence et de faible extensibilité.

M. A. Tournache, de Paris, soumettait au Jury ses courroies simples et doubles, à jonctions collées d'après son système et à l'aide de sa colle spéciale, cousues, ou collées et cousues, et présentait, comme autres produits de son travail courant des cuirs, des croupons tannés à l'écorce de chêne, des croupons tannés au chrome, des lanières variées, des cordes rondes et torses, et des manchons frotteurs pour filature.

Mme veuve Georges Jager, de Montpellier, et M. Letellier-Collet, de Paris, qui fabriquent d'ailleurs toutes espèces de cordes en boyaux pour l'industrie, exposaient respectivement leurs cordes de ce genre pour rouets, tours, machines et transmissions.

MM. A. Sainte et Cie, de Paris, présentaient leur genre spécial de transmission par chaîne, dans lequel une suite de galets coniques entraînent par coincement une roue à gorge de profil angulaire, et nous aurons, en outre, à mentionner le nom de ces constructeurs dans la catégorie des appareils de mesure, en raison de leurs types, également exposés, de compteurs de tours et de compteurs à mouvement d'alternance, d'encliquetage ou de rotation.

La Jeffrey Manufacturing Co, enfin, de Columbus (États-Unis), figurait notamment dans la Classe 21 au titre des chaînes de transmission comme à celui des chaînes de transport, et il convient de rappeler à ce double propos que les établissements Jeffrey construisent, avec tous les accessoires convoyeurs ou transmetteurs utiles, nombre de chaînes et câbles métalliques, norias, courroies, vis sans fin, etc., d'une grande variété de formes et d'applications.

E. — MENTIONS HONORABLES [1].

8 pour la France, 2 pour les États-Unis, 2 pour la Grande-Bretagne, 1 pour la Hongrie, 1 pour le Mexique, 1 pour la Russie, 1 pour la Serbie et 1 pour la Suisse, soit, au total, 17 récompenses qui valent le rappel fait ici de leurs noms :

Pour leur genre de paliers graisseurs, lisses ou à cylindres et à rattrapage de jeu, à MM. Burnouf et Palleau, d'Étréchy (Seine-et-Oise), dont la spécialité comporte également la construction de manchons d'assemblage sans frette ni clavetage, de bagues de butée à billes pour arbres de rotation, et de poulies folles à cylindres et frottements lisses à rattrapage de jeu ;

A M. L. Bougouin, de Paris, pour son système de paliers, boîtes et coussinets à frottement de roulement complet par galets à portées différentielles ;

A M. Winkley (États-Unis), pour ses couvercles de coussinets ;

Pour un modèle particulier d'embrayage, à M. Anatole Molé, de Laval (Mayenne) ;

A la Reeves Pulley C°, de Columbus (États-Unis), pour ses poulies en bois et divers autres organes de transmission ;

A M. Kleritch, de Belgrade, pour un embrayage à friction ;

Pour leurs poulies en bois, et de manière respective, à M. Léon Fontaine et à MM. Régy frères, l'un et les autres de Paris ;

A MM. A. Rossel-Wetzel et fils, de Sochaux (Doubs), pour les courroies de transmission qu'ils présentaient en même temps que des engrenages en cuir durci, des cuirs emboutis et plusieurs autres applications du cuir à la Mécanique ;

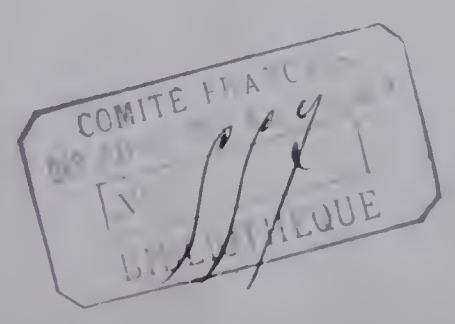
A MM. É. Perrot et Cie, de Bellegarde (Ain), pour leurs courroies en cuirs à tannage rapide, « Tunisine » et « Citron-tan », ainsi que pour leurs « balata » et leurs courroies en toiles de coton à enduit spécial et cousues au fil de ramie ;

Pour leurs courroies de transmission, à la Rossendale Belting C°, de Manchester ; à M. N.-W. Dmitrieff, de Moscou ; à M. Lessance, de Mexico, et à MM. Margulies et Cie, de Budapest ;

Pour ses courroies, également, à M. Robert Suter, de Thayngen (Suisse), qui présentait des spécimens de diverses applications de ces produits, en chanvre, coton, poil de chameau et ramie, ainsi que des tuyaux en tissu de chanvre pour hautes pressions, des étoffes spéciales d'équipement pour sapeurs-pompiers, et un « hydrant rapide » armé de tuyaux en caoutchouc à spiraux pour défense contre l'incendie ;

A MM. E. Tournier et Cie, de Lyon, pour leurs types de courroie de champ et de cône de friction en cuir ;

[1] Voir, ci-dessus, la note de la page 9.



A la Frictionless Engine Packing C°, limited, enfin, de Manchester, pour les courroies en crin à bords et les courroies en toile de coton cousues qu'elle présentait auprès de spécimens de ses garnitures auto-lubrifiantes.

F. — EXPOSANTS RÉCOMPENSÉS DONT LA MENTION D'ENSEMBLE FIGURE À DES CHAPITRES AUTRES QUE LE CHAPITRE PREMIER, ET AYANT PRÉSENTÉ LES CONTRIBUTIONS CI-APRÈS À LA CATÉGORIE DES ORGANES DE TRANSMISSION MÉCANIQUE[1] :

GRANDS PRIX.

Association des industriels de France contre les accidents du travail, à Paris : page 104 ci-après, chapitre VI. — Dispositifs protecteurs et de prévention d'accidents, applicables à divers organes de transmission mécanique, tels que : arbres, embrayages, débrayages, poulies, engrenages, courroies, renvois de mouvement, etc.

Société Escher Wyss et Cie, à Zurich (Suisse) : p. 72 ci-après, ch. IV. — Manchons élastiques d'accouplement à courroies, système Zodel.

MÉDAILLES D'OR.

M. Léandre Mégy, à Paris : page 61 ci-après, chapitre III. — Embrayages spéciaux pour automobiles, et embrayages pour les puissances de 1/2 cheval à 60 chevaux aux vitesses respectives de 1.500 à 300 tours par minute.

MM. Schaeffer et Budenberg, à Magdebourg-Buckau (Allemagne) : p. 36 ci-après, ch. II. — Poulies en fer.

Société anonyme «Centrator», à Stockholm (Suède) : p. 93 ci-après, ch. V. — Mouvement dit «Centrator» pour l'augmentation ou la réduction des vitesses de rotation des moteurs ou des machines opératoires.

MÉDAILLES D'ARGENT.

M. A. Brousset, à Nogent-sur-Marne (Seine) : pages 40, 82 et 109 ci-après, chapitres II, IV et VI. — Mécanisme d'entraînement, dispositif de pédale, harnais d'engrenages à deux vitesses et valet de menuisier à serrage instantané.

Société anonyme ci-devant Joh. Jacob Rieter et Cie, à Winterthur (Suisse) : p. 39 ci-après, ch. II. — Manchons de friction système Missong.

MÉDAILLES DE BRONZE.

Société anonyme pour l'exploitation d'engins graisseurs à alimentation pneumatique, à Paris : page 45 ci-après, chapitre II. — Paliers divers, poulies folles, poulies en fer et tambours à bras tubulaires.

[1] Voir, ci-dessus, les titre, sous-titre et note de la page 9.

M. L.-C. Girodias, à Paris : p. 83 ci-après, ch. IV. — Engrenages à rayons différentiels et à retour rapide.

MM. Borch et Henriksen, à Copenhague (Danemark) : p. 44 ci-après, ch. II. — Mécanismes P.-C. Henriksen pour graisseurs.

MENTIONS HONORABLES.

M. Hébert, à Paris : page 97 ci-après, chapitre V. — Transmission de mouvement par chaîne Vaucanson sur roue à dentures partielles.

MM. Risacher et Hébert, à Paris : p. 47 ci-après, ch. II. — Transmissions par arbres flexibles.

Telles étaient, avec celles qui sont mentionnées sous les rubriques A à E du présent Chapitre, les principales contributions ayant trait à la catégorie des Organes de transmission mécanique, et présentées dans la Classe 21 par 99 d'entre les exposants hors concours ou récompensés de cette même Classe, savoir :

Pour la France	55	Pour le Japon	1
l'Allemagne	9	le Mexique	1
l'Autriche	1	la Russie	3
la Belgique	3	la Serbie	1
le Danemark	1	la Suède	1
les États-Unis	7	la Suisse	5
la Grande-Bretagne	7		
la Hongrie	2	Total égal	99
l'Italie	2		

Quant aux objets nombreux et très variés constituant cet ensemble de contributions, ils se subdivisaient sommairement, ainsi qu'on l'a pu voir[1], en appareils rigides[2] et organes souples[3], et l'énumération ou l'appréciation que nous en avons données suivant les cas permettent de se rendre compte des efforts faits dans les différents pays pour assurer le progrès et le développement de cette branche des appareils divers de la Mécanique générale.

Il convient de rappeler, en outre, qu'à l'une ou à l'autre de ces deux subdivisions se rattachaient plus ou moins directement plusieurs d'entre les objets explicitement visés au programme des Classes 16, 30, 54, 65, 81, 87, 89 et 99[4], ou bien mentionnés

[1] Et comme il est du reste indiqué en détail et par nation, — pages 126 et suivantes, — à l'Annexe n° II de ce Rapport.

[2] Chaises-supports, paliers et arbres de transmission. — Manchons d'accouplement, embrayages et débrayages. — Engrenages et transmissions par frottement. — Poulies. — Renvois, changements de vitesse et transmissions intermédiaires.

[3] Courroies, câbles, cordes, chaînes et arbres flexibles de transmission.

[4] Le programme officiel de ces différentes Classes comprenait, en effet, entre autres articles, les objets suivants :

Classe 16. *Médecine et chirurgie.* — Appareils de gymnastique médicale. Instruments destinés à la pratique de l'art dentaire;

Classe 30. *Carrosserie et charronnage.* — Voitures à moteur mécanique. Vélocipèdes. Pièces détachées, produits et inventions se rattachant à la vélocipédie;

de manière générale dans les attributions de quelques-unes des Classes 6, 10, 12, 13, 19, 20, 27, 28, 29, 32, 33, 36, 63, 64, 65, 73, 88, 114, 116, 117 et 118[1], et nous ne saurions trop, à ce double égard, engager le lecteur à se référer, à titre de très utile complément, aux indications contenues en ce qui les concerne dans les Rapports correspondants du Jury international.

Classe 54. *Engins, instruments et produits des cueillettes.* — Caoutchouc; gutta-percha;

Classe 65. *Petite métallurgie.* — Câbles métalliques;

Classe 81. *Fils et tissus de lin, de chanvre, etc. Produits de la corderie.* — Câbles et cordes;

Classe 87. *Arts chimiques et pharmacie: matériel, procédés et produits.* — Matériel et procédés de la fabrication des caoutchoucs pour l'industrie, des succédanés du caoutchouc et des objets de gutta-percha. Caoutchouc pour industrie; gutta-percha;

Classe 89. *Cuirs et peaux : matières premières, matériel, procédés et produits.* — Matériel et procédés de la tannerie, de la corroirie, de la mégisserie, et, en général, des diverses préparations auxquelles sont soumis les cuirs et peaux. Cuirs tannés. Cuirs tannés et corroyés;

Classe 99. *Industrie du caoutchouc et de la gutta-percha : matériel, procédés et produits. Objets de voyage et de campement.* — Produits généraux de l'industrie du caoutchouc et de la gutta-percha.

[1] Comme on en peut juger d'après les extraits suivants de la classification générale de l'Exposition :

Classe 6. *Enseignement spécial industriel et commercial.* — Matériel d'enseignement. Résultats obtenus...

Classe 10. *Architecture.* — Dessins, photographies et modèles de travaux exécutés (édifices publics et constructions privées)...

Classe 12. *Photographie.* — Applications scientifiques et autres de la photographie...

Classe 13. *Librairie; éditions musicales. Reliure (matériel et produits). Journaux, affiches.* — Collections d'ouvrages formant des bibliothèques spéciales. Revues et autres publications périodiques. Dessins, atlas, albums...

Classe 19. *Machines à vapeur.* — Accessoires de chaudières. Procédés d'essai et de contrôle des appareils à vapeur...

Classe 20. *Machines motrices diverses.* — Organes et accessoires des récepteurs hydrauliques et des machines à air chaud, à gaz, à pétrole, à air comprimé ou raréfié, à ammoniaque, à acide carbonique...

Classe 27. *Applications diverses de l'électricité.* — Appareils scientifiques et instruments de mesure...

Classe 28. *Matériaux, matériel et procédés du génie civil.* — Travail des matériaux de construction : outillage et procédés...

Classe 29. *Modèles, plans et dessins de travaux publics.* — Publications diverses relatives aux travaux publics. Travaux de l'Exposition universelle de 1900...

Classe 32. *Matériel des chemins de fer et tramways.* — Publications diverses relatives aux chemins de fer.

Classe 33. *Matériel de la navigation de commerce.* — Outillage spécial pour chantiers de constructions navales et pour ateliers de construction des machines marines. Publications diverses relatives à la navigation de commerce....

Classe 36. *Matériel et procédés de la viticulture.* — Matériel des chais et caves...

Classe 63. *Exploitation des mines, minières et carrières.* — Plans d'exploitation de mines. Publications diverses relatives à l'exploitation des mines...

Classe 64. *Grosse métallurgie.* — Fabrication des tubes soudés ou sans soudure...

Classe 65. *Petite métallurgie.* — Outillage de forge, de chaînerie. Robinetterie. Chaînes. Tuyaux et tubes étirés en divers métaux...

Classe 73. *Cristaux, verrerie.* — Appareils en verre à l'usage des sciences...

Classe 88. *Fabrication du papier : matières premières, matériel, procédés et produits.* — Papiers employés dans la construction des machines et engins mécaniques...

Classe 114. *Matériel colonial.* — Outillages divers spéciaux aux pays en voie de colonisation...

Classe 116. *Armement et matériel de l'artillerie.* — Matériel des arsenaux et fabriques d'armes de guerre. Matériel d'artillerie...

Classe 117. *Génie militaire et services y ressortissant.* — Matériel du génie...

Classe 118. *Génie maritime. Travaux hydrauliques. Torpilles.* — Appareils auxiliaires des navires de guerre. Outillage des arsenaux. .

CHAPITRE II.

APPAREILS POUR LA RÉGULARISATION DU MOUVEMENT ET DE LA PRESSION, POUR LE GRAISSAGE, ET POUR LES OBSERVATIONS ET MESURES DE L'ORDRE DE LA MÉCANIQUE GÉNÉRALE [1].

Régulateurs de vitesse et modérateurs de mouvement. — Régulateurs de pression. — Appareils de graissage et filtres à huile. — Manomètres et indicateurs du vide. — Compteurs de tours et tachymètres. — Compteurs de temps et chronographes. — Appareils et machines dynamométriques. — Appareils divers de précision, de mesure, de contrôle, de transmission d'indications à distance, de distribution, de calcul et d'enregistrement. — Appareils de pesage. — Machines pour les essais de matériaux. — Anémomètres et appareils de mesure de la vitesse des gaz. — Compteurs d'air, de vapeur, de gaz et de liquides.

A. — EXPOSANTS HORS CONCOURS.

12 dont 10 pour la France, 1 pour l'Allemagne et 1 pour la Belgique, savoir :

*Société des ingénieurs civils de France, à Paris, dont il a été précédemment question (voir p. 9), et que nous mentionnons également ici, en raison de la grande généralité de son œuvre scientifique industrielle.

[1] L'ordre suivi dans chacune des listes que l'on va lire résulte, autant que possible, de la correspondance entre les objets exposés et la nomenclature de principe figurant en sous-titre à cette page même.

D'autre part, comme plusieurs objets du ressort de ce Chapitre rentraient également dans les attributions d'autres classes que celle des appareils divers de la mécanique générale, nous donnons en référence complémentaire l'indication des principales d'entre ces classes, avec les extraits spéciaux et correspondants de leur programme officiel, savoir :

Classe 15. *Instruments de précision. Monnaies et médailles.* — Appareils et instruments des arts de précision. Machines à calculer. Appareils et instruments de mesure : verniers, vis micrométriques, balances de précision, etc. Instruments et appareils destinés aux laboratoires. Mesures et poids des divers pays. Outillage pour les pesées du métal et pour la vérification du poids et le comptage des monnaies avant leur délivrance.

Classe 19. *Machines à vapeur.* — Régulateurs et modérateurs. Appareils de graissage et accessoires.

Classe 22. *Machines-Outils.* — Matériel de contrôle et de vérification : calibres, jauges, pieds à coulisse, palmers, comparateurs, vérificateurs de la régularité des formes et des dimensions.

Classe 27. *Applications diverses de l'électricité.* — Indicateurs et enregistreurs à distance pour des phénomènes de toute nature.

Classe 28. *Matériaux, matériel et procédés du génie civil.* — Méthodes d'essai des matériaux de construction.

Classe 32. *Matériel des chemins de fer et tramways.* — Chemins de fer à voie normale ou à voie étroite, superstructure : bascules; matériel et traction : appareils de mesure, dynamomètres, enregistreurs divers; laboratoires.

Classe 33. *Matériel de la navigation de commerce.* — Accessoires des appareils moteurs des navires et bateaux : régulateurs du mouvement; indicateurs du sens de la marche et de la vitesse, compteurs de tours, etc.

Classe 35. *Matériel et procédés des exploitations rurales.* — Appareils de pesage.

Classe 38. *Agronomie. Statistique agricole.* — Stations agronomiques et laboratoires agricoles : outillage.

Classe 74. *Appareils et procédés du chauffage et de la ventilation.* — Instruments de mesure et de contrôle : anémomètres; manomètres pour la mesure

M. Henri Parenty, directeur des Manufactures de l'État du département du Nord, à Lille, membre suppléant du Jury de la Classe 21.

Les nombreux et intéressants appareils de mesure imaginés par cet ingénieur ont eu généralement pour but de régler et de jauger le débit des liquides, de la vapeur et des gaz. Et l'un des principaux d'entre eux, un compteur de vapeur d'eau à enregistrement et totalisation du débit, figurait à la Classe 21, où cet appareil représentait aussi le type des divers compteurs, bien connus, d'eau et de gaz étudiés par notre savant collègue.

Il convient d'ajouter que MM. Digeon et fils avaient placé sur la conduite des générateurs de M. Montupet, exposant de la Classe 19, un compteur de vapeur Parenty, construit par leurs soins dans un modèle absolument nouveau.

Quant aux autres appareils de M. Parenty, ils étaient présentés dans les sections industrielles qui les ont utilisées, savoir :

Des régulateurs de gaz dans l'exposition de MM. Digeon et dans la Section du gaz;

Des appareils de chasse pour les égouts, dans le Pavillon de la Ville de Paris;

Et, dans le Pavillon des Manufactures de l'État, un combustibilimètre ainsi que divers appareils de chimie pour l'épuisement méthodique des tabacs et la fabrication industrielle des sels cristallisés de la nicotine.

M. Édouard Bourdon, à Paris, membre du Jury de la Classe 21.

Notre collègue exposait une remarquable série de ses graisseurs à condensation, — d'applique, directs et « tandem », — de ses « self-acting » à piston, de ses distributeurs d'huile à débit réglable et apparent, — à tube en verre, à glace ronde et à cylindre en verre protégé, — et de ses graisseurs « multiple » et « télescopompe », notamment applicables aux services de locomotives, de machines de bateaux et de voitures automobiles.

M. Bourdon, qui depuis longtemps poursuit et développe l'œuvre si justement renommée de son père, présentait également un certain nombre d'entre ses appareils manométriques; et c'est ainsi que l'on pouvait examiner dans son exposition divers manomètres pour l'industrie, la marine et les chemins de fer, des indicateurs du vide, des manomètres d'enregistrement et de contrôle, des appareils combinés indiquant le vide et la pression, des étalons portatifs pour les épreuves de chaudières et la vérification des manomètres en service, des appareils à double contrôle et des manomètres à haute pression pour presses hydrauliques et autres usages.

des faibles pressions gazeuses et pour celle du niveau de l'eau dans les circulations; appareils pour la mesure du débit des conduites de vapeur; appareils enregistreurs de toute nature. Appareils de réglage et de distribution : régulateurs de tirage; régulateurs de pression; robinetterie spéciale.

Classe 76. *Matériel et procédés de la filature et de la corderie.* — Appareils d'épreuves et de contrôle.

Classe 87. *Arts chimiques et pharmacie : matériel, procédés et produits.* — Appareils et instruments destinés aux essais industriels et commerciaux.

Classe 96. *Horlogerie.* — Appareils de mesure. Compteurs divers.

N. B. — Voir en outre, mais pour partie seulement, à la fin de la note des pages 9 et 10, la liste des références d'ordre général ou bien communes à plusieurs catégories de la Classe 21.

Auprès de ce bel ensemble figuraient d'une part un manomètre ornemental à plusieurs spires et un groupe de manomètres triphasés à contrôle mutuel pour expériences de laboratoires, et, d'autre part, une pompe d'atelier, un compresseur à vis et un compresseur à haute pression pour les graduations, les réglages et les vérifications de manomètres; cette dernière partie de l'exposition de notre collègue étant complétée, du reste, par de fort intéressants dessins du compresseur à piston tournant de M. Bourdon père, pour les étalonnages jusqu'à 300 kilogrammes, et du compresseur à 3,000 kilogrammes de pression unitaire, comme le précédent en usage journalier dans les ateliers de l'exposant.

M. Bourdon mettait en outre sous les yeux du public les différents échantillons de ses tubes en bronze et en acier pour manomètres, et présentait enfin, avec son micromètre diviseur, un appareil Manet-Rabut employé pour mesurer directement les modifications de longueur des barres soumises à des efforts ainsi que le sens et l'intensité de ces efforts [1].

M. Henry Hamelle, à Paris, membre suppléant du Jury de la Classe 21.

Auprès de différents graisseurs pour paliers et bielles, de graisseurs à départs multiples pour automobiles et de rampes pour distributions d'huile sous pression, notre collègue exposait son très intéressant oléo-compresseur pour graissage des cylindres et organes de machines à vapeur, par alimentation continue sous pression constante, avec débits visibles et variables à volonté.

M. Hamelle présentait également son filtre rationnel pour la purification des huiles « valvoline » ou autres, ayant fait un service de graissage, et l'on remarquait en outre, dans son exposition, de fort beaux échantillons d'amiante ainsi que de produits préparés à l'aide de cette matière et dont plusieurs, on le sait, trouvent leur application dans le domaine des appareils divers de la Mécanique générale [2].

MM. Muller et Roger, à Paris. — M. Paul Roger, membre suppléant du Jury de la Classe 21.

Ces constructeurs, dont nous dirons plus loin (voir la note de la page 98) la contribution au Service de la force motrice dans les Palais du Champ de Mars, avaient une exposition considérable, qui comprenait, en ce qui concerne le graissage, les appareils automatiques brevetés de leur fabrication, les graisseurs Meyer, Pearson, Pick, à cadran, idéal, à goutte visible, cocatrix, etc.

Leur collection d'appareillage hydraulique était aussi fort intéressante, et l'on y remarquait nombre d'appareils de robinetterie générale pour distributions d'eau, de robinetterie de cave et de robinetterie spéciale pour la toilette et l'hydrothérapie. On y voyait, de plus, des pompes à double effet et des pompes ordinaires à trois corps, ainsi

[1] Il a été, dans la Classe 21, décerné six récompenses de collaborateurs à la maison Éd. Bourdon, savoir :

Deux médailles d'or pour M. Frédéric Bougarel et M. Louis Étienne.

Et quatre médailles d'argent pour MM. Pierre Aspe, Hippolyte Béranger, Georges Tallon et Tanchaut.

[2] MM. Paul Têtedoux et Louis Coucy, de la maison Hamelle, ont, dans cette même Classe, obtenu, le premier, une médaille d'or, le second, une médaille d'argent de collaborateur.

que des bouches d'arrosage et d'incendie, des raccords Keizer pour pompiers et vidange, des lances, cols de cygne, crépines, coffrets d'incendie, etc., tous objets présentés, comme les précédents, de la manière à la fois la plus heureuse et la plus digne de leur belle fabrication [1].

*Société par actions de constructions mécaniques de Berlin-Anhalt. — M. E. Blum, directeur des ateliers de la Société, membre du Jury de la Classe 21.

Il convient de citer ici la construction, par cette Compagnie, d'appareils de graissage au nombre des produits de sa fabrication dont nous avons (voir p. 11) sommairement donné plus haut la nomenclature.

Société générale des huiles et fournitures industrielles, à Paris. — M. Adolphe Kreiss, administrateur de la Société, membre du Jury de la Classe 62, « Boissons diverses ».

Cette maison présentait ses graisseurs automatique à piston et mécanique à débit réglable, tous les deux du système Cibié et Filliol, l'un comme l'autre susceptibles de départs multiples, et destinés au service des cylindres et tiroirs de machines à vapeur.

Elle exposait, en outre, son filtre universel à air chaud, système Pelat, ainsi que son appareil Bayle pour la décantation automatique des mélanges d'eau et d'huiles salies, et cet intéressant ensemble était complété par une collection de joints et garnitures métalliques souples, principalement à base d'amiante combiné à divers métaux ou alliages, dont la Société signalait particulièrement au Jury l'emploi comme la commodité dans les conduites de toutes dimensions et de toutes natures, les fonds de cylindres, les tiroirs, les presse-étoupes, etc.

M. Paul Garnier, à Paris, membre du Jury de la Classe 96, « Horlogerie ».

La contribution de notre collègue à la Classe 21 se composait d'une grande variété de compteurs de tours et d'indicateurs de pression.

Ces derniers comprenaient principalement des appareils dynamométriques de Watt, de divers genres, dont l'un de petit format, à inertie réduite et très commodément applicable aux machines de grande vitesse; un indicateur à capsules plissées formant ressort de mesure et pour les grandes vitesses également; un appareil à bouton d'arrêt; plusieurs indicateurs Martin avec parallélogramme Thompson; des appareils Richards, etc.

M. Garnier présentait, de plus, une commande rigide pour tous indicateurs et propre à donner une plus grande précision aux diagrammes recueillis sur ces appareils.

Quant aux instruments tachymétriques exposés par l'habile constructeur, ils consistaient en compteurs de tours numériques de fonctionnement sûr jusqu'aux grandes vitesses, avec ou sans mouvement d'horlogerie et pourvus ou non de remise au zéro; en un compteur différentiel, système Valessie, réglementaire à bord des cuirassés de la Marine nationale; en divers indicateurs de vitesses avec ou sans enregistrement, et en un

[1] MM. Muller et Roger se sont vu accorder, au titre des appareils divers de la mécanique générale, les trois récompenses ci-après de collaborateurs :

Pour M. Berceron, une médaille d'or;
Une médaille d'argent pour M. Clar;
Et, pour M. Aubéry, une médaille de bronze.

dynamomètre d'inertie du système Desdouits que nous aurons à rappeler (voir p. 34) au sujet de l'exposition des Chemins de fer de l'État[1].

MM. J. Digeon et fils aîné, à Paris. — Feu M. Jules-Henri Digeon, expert du Jury de la Classe 21.

Ces ingénieurs, qui participaient à l'exposition de douze Classes et à celle de deux Sections centennales, présentaient un nombre assez considérable d'objets de leur construction rentrant dans la catégorie des appareils divers de la Mécanique générale, et consistant surtout en machines dynamométriques et appareils pour les essais de matériaux.

Ils exposaient, en effet, dans la Classe 21 :

a. En ce qui concerne la dynamométrie des machines : plusieurs types de dynamomètre de traction avec ou sans enregistreur, une manivelle dynamométrique à totalisation de travail, et un dynamomètre de rotation à totalisateur et à tracé de diagramme;

b. Au titre des essais de matériaux : plusieurs machines pour épreuves de résistance à la traction comprenant un appareil pour la mesure des limites d'élasticité, un scléromètre pour la détermination du degré de dureté des matériaux, un appareil Le Chatelier pour les études de dilatation et de contraction des barres métalliques, un frictomètre pour l'épreuve des huiles et un « froissomètre » pour l'essai du papier au froissement;

c. Un compteur de vapeur de leur construction, d'après le système de M. Parenty.

MM. Digeon avaient, en outre, dans différentes autres parties de l'Exposition, des appareils relevant à divers titres du programme de la Classe 21, et l'on remarquait spécialement à cet égard :

Dans la Classe 15, « Instruments de précision », un appareil de compression ayant servi à des études entreprises par M. Michel Lévy sur les déformations de sphères creuses soumises à des pressions extérieures, et un phrosodynamomètre système Alcan pour l'essai des fils à la traction et la détermination de leur torsion la plus favorable;

A la Classe 19, « Machines à vapeur », un appareil indicateur-totalisateur du travail développé dans ces machines et le tableau d'un frein dynamométrique à serrage automatique avec enregistrement et totalisation du travail;

Dans la Classe 28, « Matériaux, matériel et procédés du génie civil », une machine système Dorry, pour les essais de matériaux à l'usure;

A la Classe 32, « Matériel des chemins de fer et tramways », un dessin de leur fourgon dynamométrique de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, un appareil auto-indicateur, système Dubois et Brillié, du travail dans les cylindres de locomotives, et un dessin de balance hydrostatique pour le tarage des ressorts de ces machines;

Dans la Classe 35, « Matériel et procédés des exploitations rurales », un chariot dynamométrique, système Ringelmann, pour essais d'instruments agricoles;

[1] Il a été, dans la Classe 21, attribué une médaille de bronze à M. Pierre Chevalier, pour sa collaboration avec M. Paul Garnier.

IMPRIMERIE NATIONALE.

A la Classe 75 enfin, « Appareils et procédés d'éclairage non électrique », un régulateur de la pression du gaz, pour 500 becs et du système Parenty[1].

M. Valère Mabille, à Mariemont (Belgique).

Cet industriel exposait l'intéressante machine qu'il établit aux forces de 25, 50 et 100 tonnes pour l'étude de la résistance des divers métaux à la traction, à la flexion et à la compression.

MM. Bariquand et Marre, à Paris. — M. Émile Bariquand, président du Jury de la Classe 22, « Machines-outils », vice-président du Jury de groupe de la Mécanique générale.

Ces éminents constructeurs, dont la principale exposition se trouvait naturellement à la Classe 22, présentaient leurs compteurs à eau comme contribution aux « appareils divers » de la Mécanique générale, à laquelle leurs ateliers de haute précision ne cessent de rendre les services les plus variés et les plus remarquables.

M. Louis Bedout, à Cazaubon (Gers), expert du Jury de la Classe 60, « Produits alimentaires d'origine viticole : vins et eaux-de-vie de vins ».

Cet inventeur exposait son système particulier de compteur densi-volumétrique à prélèvement d'échantillon pour l'alcool et les autres liquides industriels.

B. — GRANDS PRIX[2].

2 pour la France :

L'Administration des Chemins de fer de l'État, à Paris (M. l'Inspecteur général des ponts et chaussées Charles Metzger, directeur), faisait figurer dans la Classe 21 l'appareil de tachymétrie et le pendule dynamométrique imaginés par M. l'Ingénieur en chef Desdouits et comportant : le premier, l'emploi de l'action de la force centrifuge pour l'indication et l'enregistrement des vitesses de rotation ; l'autre, l'application de l'inertie à la mesure des efforts moteurs et résistants développés dans les systèmes en mouvement, tels que trains de chemins de fer, véhicules sur routes, navires, etc.

Quant à la Compagnie de Fives-Lille pour constructions mécaniques et entreprises, à Paris, elle exposait une intéressante bascule densi-volumétrique à levier compensateur pour le peso-mesurage des liquides, des mélanges alcooliques tout particulièrement, et c'est pour ce motif que nous mentionnons dès ici le grand prix qui lui a été décerné, tout en ajoutant que cette Société avait notamment, en outre, une importante contribution au titre des appareils de levage et à celui des machines hydrauliques.

L'administration de Fives-Lille présentait en effet, à ce double égard :

Son cabestan électrique du système F. Singre, essentiellement établi pour effectuer de

[1] MM. Duhanot, Pollet et Pichard, de la maison Digeon et fils, ont obtenu, dans la Classe 21, le premier une médaille d'argent, le deuxième une médaille de bronze, et, le troisième, une mention honorable de collaborateurs.

[2] Voir la note de la page 29 ci-dessus.

manière économique et commode les manutentions de voitures et wagons dans les gares de chemins de fer ;

Une grue électrique à plate-forme tournante, de la force de 1,250 kilogrammes et de grande portée, à socle-portique roulant sur rails et spécialement disposée pour le déchargement des bateaux ;

Le dessin des deux nouveaux et très remarquables ascenseurs hydrauliques construits par ses soins pour le service des deux premières plates-formes de la Tour Eiffel, avec indication fort claire de leurs accumulateurs de mise en marche et de récupération partielle du travail moteur, des presses et pistons de manœuvre reliés par mouflage à leurs appareils funiculaires, de leurs rails de guidage à inclinaison forcément variable, de leurs cabines à mécanisme de redressement, et de leurs puissants dispositifs de distribution, de sécurité, de freinage et de régularisation ;

Ces ascenseurs eux-mêmes, installés dans les piliers Est et Ouest de la Tour[1] et pouvant chacun transporter 100 voyageurs sur un parcours de 128 mètres en deux minutes environ aller et retour, non compris les temps d'arrêt aux stations ;

Une vue, enfin, du bel ensemble des huit groupes indépendants de moteurs et de pompes exécutés par la Compagnie pour l'usine de Colombes[2] et qui, depuis quelque temps déjà, fonctionnaient pour l'élévation des eaux d'égout de Paris sur les hauteurs d'Argenteuil[3].

[1] Les ascenseurs mis en service à la Tour Eiffel lors de l'Exposition de 1889 comprenaient :

1° Dans les piliers Ouest et Est, deux appareils Roux, Combaluzier et Lepape, effectuant leur parcours entre le sol et le premier étage ;

2° Dans les piliers Nord et Sud, deux ascenseurs Otis montant jusqu'à la deuxième plate-forme ;

3° Un appareil Edoux reliant cette dernière plate-forme au troisième étage de la Tour.

Ces installations permettaient de transporter par jour 25,000 personnes au premier étage, 9,000 au deuxième et 4,500 à la troisième plate-forme, et l'on a cru devoir les transformer complètement comme suit, en prévision d'un accroissement notable du nombre des visiteurs au moment de l'Exposition de 1900 :

a. Remplacement des appareils Roux-Combaluzier par les deux nouveaux ascenseurs de la Compagnie de Fives-Lille faisant le service du premier et du deuxième étages et capables de transporter chacun en dix heures 8,000 voyageurs jusqu'à la deuxième plate-forme ;

b. Transformation de l'un des appareils Otis (pilier Nord) en un ascenseur s'arrêtant au premier étage et susceptible d'effectuer horairement 14 voyages au lieu de 12, avec, chaque fois, 80 visiteurs au lieu de 42 ;

c. Remplacement de l'ascenseur Otis du pilier Sud par un escalier à volées droites, semblable à ceux des piles Est et Ouest, mais conduisant jusqu'à la deuxième plate-forme, et disposition, dans la salle des machines de cette même pile, d'un nouveau matériel très considérable de chaudières, de moteurs à vapeur, de pompes et de moteurs électriques ;

d. Addition, à l'ascenseur Edoux, d'une impériale permettant à cet appareil de transporter 80 personnes au lieu de 60 par voyage.

[2] Un plan en relief de cette usine municipale, exécuté par M. Paul Regnard, était exposé dans le Pavillon de la Ville de Paris.

[3] Sept récompenses de collaborateurs ont été accordées à la Compagnie de Fives-Lille au titre des appareils divers de la mécanique générale, savoir :

Trois médailles d'or pour M. Bonaventure Bassères, M. Léon Ribourt et M. Singre ;

Deux médailles d'argent pour M. Michel Mano et M. Numa Payan ;

Et deux mentions honorables pour M. Étienne Beaudrond et M. Mathurin Coger.

C. — MÉDAILLES D'OR [1].

10 dont 7 pour la France, 2 pour l'Allemagne et 1 pour les États-Unis :

MM. Schaeffer et Budenberg, de Magdebourg-Buckau, exposaient d'intéressants régulateurs de vitesse pour machines, ainsi que des appareils de graissage avec ou sans pression, très variés, et signalaient, d'autre part, nombre de leurs produits se rattachant au programme de la Classe 21, tels que poulies en fer, manomètres et indicateurs du vide avec leur matériel d'étalonnage et d'essai, indicateurs de tirage pour cheminées d'usines, compteurs de tours et tachymètres, indicateurs dynamométriques pour moteurs à vapeur, à gaz et à pétrole, montres-contrôleurs de rondes, dynamomètres à ressorts, pesons hydrauliques, compteurs d'eau, poulies différentielles et chaînes de levage, pompes, béliers, injecteurs, éjecteurs et pulsomètres, ventilateurs aspirants et soufflants, bouches et lances d'incendie, appareils extincteurs, pare-étincelles pour cheminées de chaudières, niveaux d'eau à protection, robinetterie, valves, etc.

M. Jules Richard, de Paris, présentait les instruments de précision, de contrôle et de mesure de son invention personnelle ou de sa construction, d'un usage scientifique et industriel si répandu, et dont une notable partie rentre dans le cadre des appareils divers de la Mécanique générale.

On remarquait, en effet, dans cet ensemble de travaux, des types fort intéressants de manomètres et d'indicateurs du vide, d'hydromètres, de cinémomètres et de chronographes, d'appareils dynamométriques, de contrôleurs de veille et d'avertisseurs d'incendie, de compteurs de fluides, d'instruments pour l'étude de la résistance des matériaux, appareils pour un bon nombre enregistreurs et dont les diagrammes peuvent être fort commodément calculés à l'aide d'un planimètre également imaginé par M. Richard.

M. Alph. Darras, de Paris, exposait ses compteurs de tours, de contrôle et de temps, dont il présentait une grande et fort importante variété, en signalant surtout les spécimens suivants, de création récente :

a. Indicateur de tours et compteur-commutateur fonctionnant à distance;

b. Compteur avec remises à zéro successives et totalisateur des remises à zéro;

c. Compteurs à mouvement alternatif et à mouvement rotatif avec remise instantanée par une seule fonction extérieure;

d. Compteurs pour métiers à tisser, bobinoirs et voitures automobiles;

e. Compteurs avec commande par mécanisme à came et par encliquetage à double rochet;

f. Compteur à timbre pour contrôle d'entrées;

g. Compteurs vélocimètres pour la mesure des grandes vitesses, et compteurs de secondes anti-magnétiques.

[1] Voir la note de la page 29 ci-dessus.

M. Edmond Chameroy, de Paris, soumettait au Jury une remarquable série d'appareils de pesage et de contrôle, comprenant :

Un pont à bascule de la force de 6,000 kilogrammes, à mécanisme de calage et à impression de poids, pour le pesage des voitures;

Une bascule à impression sur ruban, pour peser les wagonnets et compter leur passage;

Un appareil à double compteur pour l'enregistrement des passages des wagons ou wagonnets circulant dans un sens ou dans un autre sur une voie ferrée ;

Une bascule à peser le bétail, avec impression de tickets ;

Une bascule métallique à impression à encre grasse ;

Une bascule avec romaine à verrou à crémaillère ;

Des bascules couplées pour le remplissage automatique des bidons, très employées particulièrement dans les raffineries de pétrole ;

Une bascule simple pour le remplissage automatique des fûts;

Des bascules à impression de poids, pour le pesage des personnes;

Des bascules de comptoir, enfin, et des balances de divers modèles.

M. Chameroy exposait également un poulain de déchargement ainsi qu'un tricycle ou chariot pour transport de colis ou marchandises, et participait, de plus, à la Section des appareils d'hydraulique, où figuraient ses intéressants robinets et ses bornes-fontaines à suppression de coups de bélier.

M. Carl Schenck, de Darmstadt, qui construit en outre des compteurs de mouvements rectilignes et de mouvements de rotation de machines, présentait son importante fabrication d'appareils de pesage pour les chemins de fer, l'industrie, le commerce et l'agriculture, et c'est à ce titre que l'on remarquait particulièrement, dans son exposition, ses indicateurs et imprimeurs de poids pour romaines, sa bascule automatique « Pallas » pour céréales, et son pont à bascule automatique, pour wagonnets, avec appareils d'impression des pesées et de contrôle numérique des passages.

MM. Tinius Olsen et Cie, de Philadelphie, exposaient un bel ensemble de leur construction d'appareils et d'instruments destinés aux épreuves de résistance de matériaux, dans lequel figuraient notamment :

a. Des machines d'essais du système Olsen et de diverses puissances, dont plusieurs avec appareils autographiques et spécimens de leurs diagrammes;

b. Des machines du même auteur pour les épreuves de ciments et les essais de matières textiles;

c. Un appareil Olsen et un appareil Carpenter pour les épreuves d'huiles lubrifiantes;

d. Une machine Olsen pour les essais de choc;

e. Des appareils micrométriques pour la mesure des déformations dans les épreuves de compression et de flexion;

f. Des jauges et micromètres pour les mesures d'éprouvettes[1].

M. Charles Fremont, de Paris, présentait les principaux d'entre les appareils fort ingénieux qu'il a imaginés et construits pour l'application de sa méthode simplifiée d'épreuves sur la résistance et l'élasticité des métaux, et c'est à cet égard que l'on remarquait, dans son exposition et avec leurs enregistreurs appropriés, une machine de pliage et de cisaillement, un appareil d'essai à la traction, un mouton de choc, et une presse hydraulique pour les épreuves de compression, de cisaillement, de flexion, de poinçonnage, etc.

M. Fremont est aussi l'auteur d'un appareil dynamométrique et d'un élasticimètre destinés, l'un, à la détermination de la puissance transmise par les courroies aux machines opératoires, et l'autre à l'enregistrement du travail effectué par certaines machines-outils.

M. Léon Delaloe, de Paris, soumettait au Jury deux de ses intéressantes machines à romaine pour les essais de métaux : la première, hydraulique et horizontale, de la puissance de 25 tonnes; la seconde, verticale, à vis, de la force de 5 tonnes; l'une comme l'autre susceptibles de fonctionnement automatique, et toutes les deux pourvues d'un enregistreur des charges et des allongements, ainsi que des accessoires permettant de procéder à des épreuves de flexion, de compression et de traction.

M. Delaloe présentait, en outre, un appareil dynamométrique de la force de 100 kilogrammes, disposé comme les deux précédents pour la vérification rapide à l'aide de poids du commerce et destiné spécialement à l'essai des étoffes, toiles, papiers et fils divers.

La Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, — réunion des maisons M. Nicolas, G. Chamon, Foiret et Cie; Siry, Lizars et Cie; J. Williams et Cie, et Michel et Cie, — de Paris, qui construit aussi des compteurs électriques très appréciés, exposait au titre de la Classe 21 une remarquable collection d'appareils pour le mesurage des gaz et des liquides, dans laquelle on distinguait notamment :

a. Pour le gaz, des compteurs ordinaires de consommation, des compteurs à mesure invariable, des compteurs à membrane dits « compteurs secs », des compteurs humides et secs à payement préalable, des compteurs contrôleurs et d'expériences, et des compteurs de démonstration;

b. Pour l'eau, des compteurs à piston système Frager, des compteurs à turbine et des compteurs à piston-disque « Étoile », les uns comme les autres accompagnés de coupes démonstratives; des spécimens, enfin, ou des coupes de bornes-fontaines à compteur ou à prépayement avec limitation automatique du débit, ainsi que de robinets-vannes et de robinet spécial d'ouverture à distance.

Cette Compagnie présentait, de plus, auprès de chacune de ces séries de compteurs, un spécimen d'appareillage de vérification et d'essais, et il convient d'ajouter, d'autre

[1] M. Arvid Anderson et M. Anton Hansen, de la maison Olsen et Cie, se sont vu accorder, dans la Classe 21, le premier une médaille d'or, le second une médaille d'argent de collaborateurs.

part, qu'elle avait notamment, au service général de l'Exposition, deux compteurs-turbine à eau de 500 et 600 millimètres et deux grands compteurs à gaz, du type dit « de fabrication » pour usines, pouvant débiter chacun 20,000 mètres cubes en vingt-quatre heures[1].

Quant à la Compagnie anonyme continentale pour la fabrication des compteurs à gaz et autres appareils, ci-devant J. Brunt et Cie, de Paris, elle exposait une très intéressante série d'objets au nombre desquels elle signalait particulièrement au Jury :

Pour le gaz, ses compteurs à mesure invariable non siphonnables, ses compteurs à prépayement et ses compteurs spéciaux pour le mesurage du gaz acétylène ;

Pour l'eau et les liquides, son compteur à volant analogue à celui des compteurs à gaz, et dans lequel le liquide est sans pression à la sortie de l'appareil.

Cette Compagnie, qui construit également, du reste, des compteurs d'eau à pression, insistait spécialement sur les avantages de son compteur de liquides à débit sans pression, très commodément applicable au mesurage des eaux de condensation, des jus de sucres, des sirops, des pétroles, des alcools, des vins, cidres, etc., et appelait d'autre part l'attention sur l'emploi qu'elle préconise, pour la construction des volants de compteurs à gaz, d'un bi-métal avantageux au point de vue du prix de revient comme à celui de la durée de bon fonctionnement.

D. — MÉDAILLES D'ARGENT[2].

12 pour la France, 2 pour l'Allemagne, 1 pour l'Autriche, 1 pour le Danemark, 3 pour les États-Unis, 3 pour la Grande-Bretagne, 1 pour la Hongrie, 1 pour le Portugal et 1 pour la Suisse, soit, en tout, 25 récompenses en raison desquelles nous devons ici une mention respective :

A la Société anonyme ci-devant Joh. Jacob Rieter et Cie, de Winterthur (Suisse), — dont les travaux de constructions et d'installations hydro-électriques telles que celles de Montbovon, à Romont, et du chemin de fer de la Jungfrau, à Lauterbrunnen, sont tout particulièrement estimés, — et qui présentait son intéressante fabrication de régulateurs à force centrifuge des types courant et de précision, ainsi que de régulateurs à frein hydraulique ou électrique. Cette maison exposait, de plus, son dynamomètre de transmission à engrenages et une série de manchons de friction, système Missong;

A la « Monarch » Governor and Machine Co, d'Indianapolis (États-Unis), pour ses régulateurs de vitesse à force centrifuge montés sur soupapes équilibrées;

A M. R. Henry, de Paris, qui exposait ses appareils de graissage pour paliers, têtes

[1] La Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz a obtenu, dans la Classe 21, trois récompenses de collaborateurs, savoir :

Une médaille d'or pour M. François Brocq;

Pour M. Jules-Ferdinand Mathei, une médaille d'argent;

Et une médaille de bronze pour M. Nicolas Schneider.

[2] Voir la note de la page 29 ci-dessus.

de bielles, cylindres de toutes machines et voitures automobiles. Ce constructeur, qui signalait spécialement son compte-gouttes pour rampe de graissage central et son graisseur oléopolymètre avec arrêt collectif, présentait en outre ses robinets pour vapeur et pour eau, système Hochgesand, à soupape équilibrée, ainsi que des pompes de circulation d'eau et d'huile sur lesquelles il appelait également l'attention;

A M. A. Brousset, de Nogent-sur-Marne (Seine), qui soumettait au Jury sa romaine de pesage à deux bras de levier différents et à double cadran à charnières pour l'appréciation respective des charges de 0 à 5 et de 5 à 30 kilogrammes, ainsi que les divers types de ses graisseurs «Protée», fort commodément applicables aux pompes alimentaires, aux cylindres et tiroirs, aux fortes machines motrices enfin avec refoulement dans une batterie de compte-gouttes pour graissage simultané sur plusieurs points.

Cet inventeur, qui avait une contribution très variée à la Classe des appareils divers de la Mécanique générale, présentait effectivement aussi, en dehors de sa romaine spéciale et de ses graisseurs :

a. Le dessin d'un mouvement d'entraînement sans dents ni friction, remplaçant le rochet, avec variantes donnant le mouvement continu;

b. Un modèle de valet de menuisier à serrage énergique et instantané avec les dessins des principales variantes d'application du dispositif cinématique de cet appareil;

c. Le dessin d'un cylindre-compresseur pour routes, à harnais d'engrenages à deux vitesses et pouvant être mû à bras d'hommes;

d. Un dispositif de pédale à diminution de fatigue;

e. Le dessin d'un jet d'eau amplifié à trop-plein-siphon-chasse-vidange;

f. Un dispositif pour la prévention des accidents dans les machines munies de volants;

A M. Gustave Delettrez, de Levallois-Perret (Seine), qui exposait notamment ses graisseurs automatiques à pression constante, à dépense variable et réglable à volonté, spécialement construits pour graisse influide, et dont les grands modèles, munis d'un pied sectionné en deux ou quatre sorties, peuvent servir pour le graissage de plusieurs mouvements tels que paliers, glissières, têtes et pieds de bielles, avec l'emploi de son système particulier de rotules et de fourches de division;

A la Lunkenheimer C°, de Cincinnati (États-Unis), qui présentait les appareils de graissage de très grande variété de sa fabrication, pour huile et pour graisse consistante, et dont la contribution était également applicable aux accessoires de canalisations, pour lesquelles ses ateliers construisent des types fort variés aussi de valves et de robinets;

A M. J. Ducomet, de Paris, pour ses appareils de mesure, tels que manomètres pour divers usages, indicateurs du vide, compte-tours, indicateurs de pression, hydromètres indiquant à distance la hauteur des liquides dans leurs réservoirs, etc.;

A M. H. Daclin, de Lyon, qui exposait ses différents types de manomètres et thermo-

manomètres enregistreurs à plume mobile et ses manomètres du système Bourdon, ainsi que son appareil à vapeur directe et à plaque en acier ondulé, son manomètre à compensation et son hydromètre à tube de grand parcours.

Ce constructeur présentait également ses manomètres étalons, son robinet spécial à condensation de vapeur pour la préservation des appareils manométriques, ses manomètres électriques avertisseurs et son manomètre à double parachute préservateur des chocs en retour, avantageusement applicable aux presses hydrauliques à essais de matériaux [1];

A M. P. Devaux, de Lyon, qui soumettait particulièrement au Jury son manomètre à vapeur directe et à lame d'acier, ses manomètres système Bourdon à dispositifs spéciaux dont l'un à mouvement différentiel pour l'indication à distance du niveau de l'eau dans les réservoirs, son enregistreur indépendant applicable aux divers appareils manométriques et son indicateur du vide à mercure, de démontage simple et de transport facile [2];

A M. R. Jacquemier, de Paris, dont l'exposition d'appareils de mesure était à la fois très méritante et variée.

Indépendamment en effet d'ingénieux instruments d'électrodynamométrie et de mesure d'énergie électrique, on y remarquait au titre spécial de la Classe 21 :

a. Plusieurs types de son cinémomètre indicateur de vitesses, dont l'un appliqué au loch à hélice;

b. Son intégromètre dynamométrique et cinémométrique pour la mesure du travail et de la puissance dans les machines;

c. Plusieurs spécimens de son genre de bascules et balances automatiques;

d. L'appareil démonstratif de son système de couteaux-coussinets;

e. Une étude, enfin, d'instruments de pesage à cadran non automatiques;

A MM. Chateau père et fils, de Paris, qui présentaient une collection de types de leur importante fabrication de compteurs de tours, totalisateurs, indicateurs ou enregistreurs; de montres, chronographes, indicateurs ou compte-tours tachymétriques; et dont l'exposition d'appareils divers de la Mécanique générale contenait en outre des compteurs et contrôleurs pour différents usages, un anémomètre pour ventilateur et un appareil spécial de calcul;

A M. le docteur Th. Horn, Grosszschocher-Leipzig, pour ses intéressants modèles de tachymètres à ressorts ou à poids, fixes ou portatifs, de télétachymètres et de tachygraphes industriels ou d'observation;

A MM. H. Morin et Gensse, de Paris, qui construisent une grande variété d'instru-

[1] M. Ch.-Henri Daclin et M. Joseph Morel, de la maison H. Daclin, se sont vu attribuer, au titre des appareils divers de la mécanique générale, le premier une médaille de bronze, le second une mention honorable de collaborateurs.

[2] M. Charles Boeuf, M. François Lenoir et M. François Mermet ont, à ce même titre, obtenu, comme collaborateurs de M. P. Devaux, le premier une médaille d'argent et les deux autres chacun une médaille de bronze.

ments de précision, de mathématiques et de mesure, et dont l'intéressante exposition contenait notamment, en ce qui concerne la Classe 21, plusieurs appareils applicables au montage des machines et à leur vérification, — tels que le niveau d'eau de précision Leneveu et le fil à plomb Couturier, — des aiguilles Bonnami, dites aiguilles d'enfoncement, pour les essais de matériaux, et divers instruments tels que pieds à coulisse et palmers très sensibles pour les mesures d'échantillons [1];

A M. Paul Marix, de Paris, qui soumettait au Jury son ingénieux système d'appareils de contrôle des opérations industrielles, comprenant :

a. Des indicateurs et enregistreurs à mouvement horaire, pour le contrôle des périodes de temps qui s'écoulent pendant un travail ou un débit quelconque;

b. Des indicateurs et enregistreurs à mouvement récepteur, pour le contrôle des unités de travail ou de débit correspondant à une période de temps déterminée;

A M. J. de Janisch, à Paris, qui exposait ses ingénieux appareils automatiques pour la distribution des timbres-poste et le pesage des lettres ou autres envois postaux avec indication de leur valeur d'affranchissement;

A MM. J.-J. Stockall et fils, de Londres, pour leur exposition d'appareils d'enregistrement, de calcul et de comptage;

A MM. Geo. Salter et Cie, de West Bromwich (Grande-Bretagne), qui présentaient une importante collection de manomètres, de ressorts d'acier, de pesons, de dynamomètres et de balances automatiques;

A la Société anonyme de construction des ponts à bascule vérificateurs système P. Guillaumin, de Voiron (Isère), dont la contribution à la Classe 21 formait un intéressant ensemble où se remarquaient particulièrement :

Une collection d'appareils pour ponts à bascule vérificateurs de 1 à 50 tonnes, avec ou sans impression des pesées, et plusieurs ponts à bascule complets, avec imprimeurs du poids et compteurs de passage des wagonnets;

Des dispositifs transmetteurs pour la commande à distance des romaines de ponts à bascule;

Des balances et bascules de types et d'usages variés;

Des bascules de précision imprimant les pesées et appropriées à diverses industries;

Un appareil très léger pour la vérification des poids;

Un groupe enfin d'appareils et de mobilier de gares, dans lequel figurait un pont à bascule de 20 tonnes et à faible excavation pour le service des chemins de fer à voie étroite;

A MM. Wilson et fils, de Toronto (Canada), qui exposaient une de leurs fortes

[1] Il a été, dans la Classe 21, accordé deux récompenses de collaborateurs à MM. Morin et Gensse, savoir : une médaille de bronze pour M. Ernest Quentin et une mention honorable pour M. Vincent Pivier.

balances plate-forme, ainsi qu'une série de leurs balances pour usages domestiques ou commerciaux et dont plusieurs comportaient divers accessoires propres notamment à faire connaître sans calcul le prix des objets pesés à l'aide de ces appareils;

A la Société de constructions mécaniques « Vulkán », de Budapest, qui présentait son intéressant système de machine pour les essais de matériaux;

A MM. P.-W. Hallengreen et fils, de Stubbekjöbing (Danemark), qui signalaient au Jury leur fabrication de compteurs à gaz, en insistant tout particulièrement sur le bon fonctionnement et la commodité de leurs appareils soit secs, soit humides, à mécanisme pour payement préalable et de très facile adaptation aux compteurs déjà existants;

A la Société par actions Siemens et Halske, de Berlin, pour l'intéressante exposition de ses divers types de compteurs d'eau, tant à palettes qu'à disque, et qu'elle présentait en même temps que ses dispositifs de combinaison d'appareils pour petits et pour grands débits; de fonctionnement de laboratoire de vérification et d'outillage d'atelier pour la réparation des compteurs; de protection de ces appareils contre la gelée; d'enregistrement soit mécanique, soit électrique à l'usage des compagnies de distribution d'eau, et de soupapes de retenue à frein hydraulique pour éviter les différences de pression ou les chocs dans ces mêmes distributions.

Il y a lieu d'ajouter que la maison Siemens et Halske exposait dans d'autres Classes des appareils dont quelques-uns rentraient aussi dans le programme de la Classe 21 : tels certains indicateurs de vitesse, contrôleurs de rondes, indicateurs à distance du niveau de l'eau, ventilateurs électriques, avertisseurs d'incendie, etc. [1];

A M. A.-C. Spanner, de Vienne (Autriche), qui soumettait au Jury sa fabrication de compteurs d'eau système Faller, du type à roue à ailettes et à mécanisme facilement démontable, ainsi que son dispositif de soupape à serrage et de compteurs combinés pour la mesure des grands comme des faibles débits;

A la Thomson Meter C°, de Brooklyn (États-Unis), pour ses compteurs à eau système Thomson;

A M. A.-P. Bastos enfin, de Lisbonne, pour ses compteurs d'eau à débit avec ou sans pression.

E. — MÉDAILLES DE BRONZE [2].

26 dont 15 pour la France, 1 pour l'Allemagne, 2 pour le Danemark, 4 pour les États-Unis, 1 pour la Grande-Bretagne, 1 pour la Hongrie, 1 pour le Portugal et 1 pour la Suède :

La Fisher Governor C°, de Marshalltown (États-Unis), exposait notamment en effet son système de valve à ressort réglable, formant régulateur automatique du mouvement

[1] M. Carl Weichelt, de la maison Siemens et Halske, a obtenu, dans la Classe 21, une médaille d'argent de collaborateur. — [2] Voir la note de la page 29 ci-dessus.

des pompes à vapeur pour l'alimentation en pression constante d'une conduite d'eau, destinée par exemple à un service d'accumulateur, de distribution, d'ascenseur ou d'incendie.

MM. G. Lallemant et E. Journaux, d'Arnay-sous-Vitteaux et de Marigny-le-Cahouet (Côte-d'Or), soumettaient au Jury le régulateur G. Lallemant qu'ils établissent pour assurer, d'une part et automatiquement, la manœuvre du vannage d'alimentation d'un moteur hydraulique suivant les besoins de l'usine qu'il dessert, et, d'autre part, l'arrêt de ce moteur soit à distance et instantanément en cas d'alerte, soit à une heure déterminée par avance ou bien en cas d'insuffisance d'eau, soit enfin lorsque la résistance de l'usine devient supérieure à celle que s'est fixée l'industriel.

MM. Ollivier et Cie (ancienne maison D. Legat), de Paris, présentaient de leur côté dans la Classe 21 :

a. Leur construction de régulateurs de pression à mouvement isochronisé, de robinets détendeurs, et de détendeurs sur colonne pour l'abaissement, à une valeur constante et réglable, de la pression des liquides, des vapeurs et des gaz;

b. Leur dynamomètre pour épreuves de traction, avec dispositif J. Persoz pour les essais de résistance à la pression ou à la pénétration des matières élastiques ou autres;

c. Un appareil protecteur pour scies circulaires et un protège-toupie, l'un et l'autre du système Fleuret, et un garde-navette système Sconfietti, de leur construction comme les précédents et comme eux placé dans le stand de l'Association des industriels de France contre les accidents du travail[1].

MM. L. Constant et Cie, de Clichy (Seine), signalaient particulièrement au Jury : en ce qui concerne les graisses consistantes leurs graisseurs à compression automatique et à dépense réglable; et, pour les lubrifiants liquides, leurs types de graisseurs à clapet sphérique, dits à billes et spéciaux aux organes en mouvement, de graisseurs régulateurs compte-gouttes, et de graisseurs automatiques pour cylindres de machines à vapeur.

La Detroit Lubrikator Co, de Detroit (États-Unis), présentait sa construction d'appareils de graissage.

MM. Borch et Henriksen, de Copenhague, qui exposaient leurs graisseurs Mollerup pour cylindres à vapeur avec mécanismes de M. P.-C. Henriksen, signalaient en outre un modèle de grue tournante du même inventeur[2].

En dehors de divers appareils de petite mécanique, tels que tocs, bagues d'arrêt, etc., M. A. Degrémont-Samaden, du Cateau (Nord), présentait spécialement :

Pour la lubréfaction par graisses consistantes, ses types de graisseurs à pression constante, de graisseurs « Rapporteur Degrémont », de « Perfections-Cycle » pour auto-

[1] Il a été accordé par le Jury des appareils divers de la mécanique générale une mention honorable de collaborateur à M. Auguste Raeiter, de la maison Ollivier et Cie.

[2] MM. Jörgen Jensen et Peter-Ludvig Nielsen, de la maison Borch et Henriksen, se sont vu attribuer, par ce même Jury, le premier une médaille de bronze, le second une mention honorable de collaborateurs.

mobiles et machines exposées à la poussière, de graisseurs centrifuges pour poulies folles et de vélo-graisseurs par injection;

Et, pour le graissage par huiles, son « Oméga » à piston plongeur et à débit réglable, son compte-gouttes à débit réglable ou largement variable à volonté, ainsi que son graisseur mécanique en verre pour automobiles et transmissions.

M. Louis Lefebvre, du Pré-Saint-Gervais (Seine), exposait aussi une importante série d'appareils de graissage en insistant surtout :

a. Pour l'emploi des huiles, sur ses graisseurs économiques à débit réglable et visible pour paliers et têtes de bielles ainsi que sur ses divers types de graisseurs mécaniques et de graisseurs pour cylindres, boîtes à tiroir et tuyaux de vapeur;

b. Pour la lubréfaction à la graisse consistante, sur son graisseur à arrêt particulièrement applicable aux machines exposées aux contacts de poussières.

M. Leroy fils, de Levallois-Perret (Seine), soumettait au Jury :

D'une part ses appareils pour huiles, tels que graisseurs à boule de verre, graisseurs à coup de poing, burette « la Merveilleuse » à pompe-poussoir, graisseur-régulateur compte-gouttes, dosimètre de distribution, oléopompes et graisseurs automatiques;

Et, de l'autre, ses types de graisseur Stauffer à arrêt ainsi que de graisseur à compression automatique pour l'emploi des graisses consistantes.

La Société anonyme pour l'exploitation d'engins graisseurs à alimentation pneumatique, de Paris, présentait sa construction de poulie folle à graissage par rotin, de poulies en fer et tambours à bras tubulaires, et son exposition comprenait en outre ses paliers de fatigue à graissage par colliers à aubes hélicoïdales, ses paliers à chaînette, et plusieurs séries de ses paliers graisseurs avec alimentation à l'aide de rotins.

L'Ashton Valve C°, de Boston, avait, à la Classe 21, une contribution qui comportait notamment :

Des indicateurs de vide, des manomètres métalliques genre Bourdon et leurs pompes d'essai, des compteurs pour mouvements alternatifs ou de rotation, des indicateurs dynamométriques Thompson, et des soupapes de sûreté du système Ashton pour les canalisations et les appareils hydrauliques.

M. L. Maxant, de Paris, soumettait à l'appréciation du Jury sa construction de manomètres, d'appareils enregistreurs et de dynamomètres.

MM. L. Protais et Cie, de Paris, signalaient particulièrement, dans leur exposition d'appareils manométriques, leur type d'auto-régulateur de pression pour autoclaves de laboratoires, ainsi que leur manomètre et indicateur du vide à double indication sans croisement de mouvement.

MM. *A. Sainte et Cie, de Paris, exposaient à la fois leurs chaînes de transmission et leurs compteurs, et leur contribution à ce dernier titre consistait, ainsi qu'il a été dit plus haut (voir p. 24), en une série de compteurs de tours et de compteurs à mouvement d'alternance, d'encliquetage ou de rotation.

La Société industrielle d'enregistreurs et d'indicateurs de vitesse, de Saint-Étienne (Loire), présentait son dromographe enregistreur de la marche de tout moteur, et son enregistreur du travail des machines d'extraction, ainsi qu'un contrôleur de vitesse, système Dumas, pour l'indication et l'enregistrement de la marche des moteurs fixes de toutes sortes et des locomotives, tramways, etc. [1].

L'exposition de M. Francis Vuaillet, de Saint-Maurice (Seine), comprenait un dynamomètre de rotation enregistreur à manivelles accouplées, d'une grande commodité dans la pratique expérimentale, et un appareil de démonstration de la force de 500 kilogrammes pour l'étude de la résistance des matériaux avec enregistrement des charges supportées par les éprouvettes ainsi que des déformations qui en résultent.

M. C. Bube, de Hanovre, présentait des instruments de mesure de sa construction, et M. J.-J. Kastrup, de Copenhague, soumettait au Jury son genre de balance à poids mobile.

MM. Ch. Testut fils et frère, de Paris, exposaient une importante série de types d'appareils de pesage de leur fabrication, tels que balance avec index à double face, balance «parisienne», balance 1900, bascule automatique, balance à pédale de demi-précision sur tablette et de précision sous cage, etc.

M. G. Fuchs, de Budapest, présentait un intéressant spécimen de bascule centésimale, à levier de décharge-fermeture et de sa construction.

MM. W. et T. Avery, limited, de Birmingham, exposaient des balances enregistrantes automatiques de divers emplois, et M. A.-A. Rodrigues, de Lisbonne, présentait un appareil de pesage.

La Compagnie pour l'éclairage des villes et la fabrication des compteurs et appareils divers (anciennes maisons Closson et Vichier), de Paris, — qui construit en outre des compteurs d'expériences et de contrôle, des manomètres à gaz, des rhéomètres et régulateurs, secs ou humides, et diverses spécialités de gaz, d'hydraulique et d'électricité, — signalait particulièrement dans son exposition de la Classe 21 :

Pour le gaz, ses compteurs «Compagnie parisienne», et auto-payeur Giroud et Sappey, ainsi que son compteur de fabrication pour usines;

Pour l'eau et l'air comprimé, ses compteurs Samain à pistons horizontaux;

Et, pour l'eau comme pour le gaz, son assortiment de modèles de robinetterie.

Comme on l'a vu plus haut (page 22), M. *D.-A. Casalonga, de Paris, dont la contribution était à la fois applicable aux paliers de transmission et aux compteurs d'eau, exposait à ce dernier titre un appareil du type sans pression.

La Société anonyme «Kontrollkranen», de Stockholm, présentait son robinet contrôleur et compteur de vidange des récipients, et la Neptune Meter C°, enfin, de New York, exposait son type de compteurs à eau «le Trident».

[1] M. Dumas, de la Société industrielle d'enregistreurs et d'indicateurs de vitesse, a obtenu, dans la Classe 21, une médaille de bronze de collaborateur.

F. — MENTIONS HONORABLES [1].

12 pour la France, 2 pour l'Allemagne, 1 pour l'Autriche, 1 pour la Belgique, 2 pour les États-Unis, 3 pour la Grande-Bretagne, 2 pour le Mexique, 1 pour la Norvège, 1 pour les Pays-Bas, 1 pour la Suède et 1 pour la Suisse, soit, au total, 27 récompenses à l'occasion desquelles nous avons à citer ici :

La Locke Regulator C°, de Salem (États-Unis), pour ses soupapes régulatrices du mouvement des pompes ;

M. Hans Reisert, de Cologne, pour ses graisseurs à huile et à graisse consistante, ainsi que pour ses compteurs d'eau à fonctionnement avec ou sans pression.

Les spécialités de ce constructeur relatives à la Classe 21 comportaient notamment aussi les filtres à huile, les régulateurs de pression de la vapeur, les manomètres et indicateurs du vide, les injecteurs et éjecteurs, les robinets et soupapes, et les tubes de niveau à protection ;

MM. Risacher et Hébert, de Paris, pour leurs couvercles et godets de graissage et leurs appareils à graisse consistante, ainsi que pour leurs compte-gouttes, graisseurs, distributeurs d'huile, articulateurs et autres accessoires.

Ces constructeurs signalaient également au nombre de leurs spécialités les filtres-épurateurs et les transmissions par arbres flexibles ;

MM. Vilg et Vraalsen, de Christiania, pour l'appareil de graissage qu'ils présentaient en même temps que divers instruments de pesage et de mesure de leur construction ;

M. J. Mense, de Bordeaux, pour son système de graisseurs automatiques à double clapet pour tête et pied de bielle, mouvements mécaniques et cylindres à vapeur ;

MM. J.-F. Braime et Cie, limited (Grande-Bretagne), pour leurs appareils de graissage ;

La *Frictionless Engine Packing C°, limited, de Manchester, à la fois exposante des courroies de transmission dont il a été parlé plus haut (voir p. 26), et de garnitures auto-lubrifiantes pour moteurs à vapeur et pour machines hydrauliques ;

M. Alfred Philippe, de Paris, M. Jules Delos fils, de Lille, et MM. A.-C. Wells et Cie, de Saint-Pancras, Londres, pour leurs modèles respectifs de filtres à régénération des huiles de graissage ;

La Bristol C°, de Waterbury (États-Unis), pour ses manomètres ;

M. H. Mignot, de Paris, pour ses manomètres et indicateurs du vide ;

M. B. Moullart, de Paris également, pour ses appareils manométriques ;

MM. Peyer, Favarger et Cie (ancienne maison Hipp), de Neuchâtel (Suisse), pour leurs indicateurs et enregistreurs de la vitesse des machines fixes et des véhicules :

[1] Voir la note de la page 29 ci-dessus.

MM. Heller frères, de Sàaz (Autriche), pour leur exposition d'appareils de contrôle;

M. F.-J. Hoffman, de la Haye, pour son appareil contrôleur de ventes, encaissements, dépenses, etc.;

M. Ph. Leoni, de Paris, pour l'ensemble de son exposition de distributeurs automatiques;

MM. Schroedter et Cie, de Paris, pour leur avertisseur électrique contre le vol et contre l'incendie;

MM. Henri de Marneffe et Cie, de Liège, pour leurs ressorts en acier, de formes variées et d'applications mécaniques diverses;

M. S. Acosta, de Tulancingo, État de Hidalgo, et M. P. Guevara, de Guanajuato (Mexique), qui, l'un et l'autre, exposaient un appareil de pesage;

M. Albin Nivet, de Luxé (Charente), qui présentait son appareil pour les essais de matériaux avec enregistrement des efforts et des déformations;

MM. É. Diligeon et Cie, de Paris, pour leurs compteurs à eau «Trident» Thomson-Hurtu, à disque-piston oscillant, dont ils signalaient au Jury la solidité, la simplicité, la facilité d'entretien et de vérification, et la commodité d'emploi domestique et industriel;

M. Maurice Eyquem, de Paris, pour ses compteurs d'eau à disque Lambert et «Abeille», dont il revendiquait l'importation en France et signalait le nombre dès maintenant considérable d'applications;

M. D. Hallbergh, de Stockholm et la Société Lux'sche Industriewerke, de Ludwigshafen-sur-le-Rhin (Allemagne), qui présentaient respectivement un type de compteur d'eau à l'abri de la gelée et un système de compteur d'eau à turbine, dans la construction duquel le caoutchouc durci et le métal étamé tiennent une large part;

MM. F. Moreau et Cie, enfin, de Paris, qui exposaient des plaques d'inscription en tous genres, particulièrement applicables à la désignation de la provenance et de la nature des appareils de mécanique industrielle.

G. — EXPOSANTS RÉCOMPENSÉS DONT LA MENTION D'ENSEMBLE FIGURE À DES CHAPITRES AUTRES QUE LE CHAPITRE II, ET AYANT PRÉSENTÉ LES CONTRIBUTIONS CI-APRÈS À LA CATÉGORIE DES APPAREILS DE RÉGULARISATION, DE GRAISSAGE ET DE MESURES[1] :

MÉDAILLES D'OR.

Ingersoll-Sergeant Drill Co, à New York (États-Unis) : page 93 ci-après, chapitre V. — Réglage automatique de la pression de l'air débité par les compresseurs.

[1] Voir, ci-dessus, les titre, sous-titre et note de la page 29.

Rand Drill C°, à New York (États-Unis) : p. 93 ci-après, ch. V. — Réglage automatique de la pression de l'air ou du gaz sortant des compresseurs.

M. Jules Gustin fils aîné, à Deville (Ardennes) : p. 15 ci-dessus et 62 ci-après, ch. I et III. — Paliers graisseurs, et épurateur de déchets d'huiles.

MM. Frantz Pretzel et Cie, à Berlin (Allemagne) : p. 16 ci-dessus, ch. I. — Graisseurs Stauffer, graisseurs à distance, anneaux en zinc et amiante, compteurs de tours, etc.

MM. Mohr et Federhaff, à Mannheim (Allemagne) : p. 61 ci-après, ch. III. — Engins de pesage et machines pour essais de matériaux.

MÉDAILLES D'ARGENT.

MM. Émile Salmson et Cie, à Paris : page 79 ci-après, chapitre IV. — Régulateurs pour moteurs à air comprimé.

Société d'entreprise générale de distributions et de concessions d'eau, de gaz et de travaux publics, à Paris : p. 77 ci-après, ch. IV. — Régulateurs fonctionnant par l'air comprimé ; compteur d'eau à bascule.

M. Émile Chouanard, à Paris : p. 18 ci-dessus et 63 ci-après, ch. I et III. — Distributeurs d'huile et dynamomètres à cadran.

MM. L. Dumontant et Cie, à Nice : p. 80 ci-après, ch. IV. — Filtre à huile.

M. Marcel Durozoi, à Paris : p. 81 ci-après, ch. IV. — Compteur d'eau et système de garniture annulaire à bourrage extérieur tangentiel.

MM. Ad. Schwartz et Cie, à Berlin (Allemagne) : p. 20 ci-dessus, ch. I. — Garniture de presse-étoupes pour la résistance aux effets de la vapeur jusqu'à de hautes températures.

MM. Rondet, Schor et Cie, à Paris : p. 63 ci-après, ch. III. — Machine Chèvefy pour les essais de matériaux.

Compagnie parisienne de l'air comprimé : p. 95 ci-après, ch. V. — Compteurs d'air comprimé, du genre anémomètre.

Telles étaient, avec celles qui sont mentionnées sous les rubriques A à F du présent Chapitre, les principales contributions ayant trait à la catégorie des Appareils de régularisation, graissage et mesures, et présentées dans la Classe 21 par 115 d'entre les exposants hors concours ou récompensés de cette même Classe, savoir :

France	66	Mexique	2
Allemagne	11	Norvège	1
Autriche	2	Pays-Bas	1
Belgique	2	Portugal	2
Danemark	3	Suède	2
États-Unis	12	Suisse	2
Grande-Bretagne	7	Total égal	115
Hongrie	2		

IMPRIMERIE NATIONALE.

Quant aux objets nombreux et très variés constituant cet ensemble de contributions, ils se subdivisaient sommairement, ainsi qu'on l'a pu voir[1], en appareils de régularisation du mouvement des machines[2], engins de graissage[3], instruments de mesures diverses, de contrôle, de transmission d'indications à distance, de distribution, de calcul ou d'enregistrement[4], appareils de pesage[5], machines et appareils pour les essais de matériaux, instruments enfin pour le jaugeage des liquides, des vapeurs et des gaz[6]; et l'énumération ou l'appréciation que nous en avons données suivant les cas permettent de se rendre compte des efforts faits dans les différents pays pour assurer le progrès et le développement de cette branche des appareils divers de la Mécanique générale.

Il convient de rappeler, en outre, qu'à l'une ou à l'autre de ces subdivisions se rattachaient plus ou moins directement plusieurs d'entre les objets explicitement prévus au programme des Classes 15, 19, 22, 27, 28, 32, 33, 35, 38, 74, 76, 87 et 96[7],

[1] Et comme il est du reste indiqué en détail et par nation, — pages 131 et suivantes, — à l'Annexe n° II de ce Rapport.

[2] Régulateurs de vitesse et modérateurs de mouvement. — Régulateurs de pression.

[3] Appareils graisseurs et filtres à huile.

[4] Manomètres et indicateurs du vide. — Compteurs de tours et tachymètres. — Compteurs de temps et chronographes. — Appareils et machines dynamométriques. — Appareils divers de précision, de mesure, de contrôle, de transmission d'indications à distance, de distribution, de calcul et d'enregistrement.

[5] Balances, pesons, romaines, bascules et ponts à bascule.

[6] Anémomètres et appareils de mesure de la vitesse des gaz. — Compteurs d'air, de vapeur, de gaz et de liquides.

[7] Le programme officiel de ces Classes comprenait en effet, entre autres articles:

Classe 15. *Instruments de précision. Monnaies et médailles.* — Appareils et instruments des arts de précision. Machines à calculer. Appareils et instruments de mesure : verniers, vis micrométriques, balances de précision, etc. Instruments et appareils destinés aux laboratoires. Mesures et poids des divers pays. Outillage pour les pesées du métal et pour la vérification du poids et le comptage des monnaies avant leur délivrance;

Classe 19. *Machines à vapeur.* — Régulateurs et modérateurs. Appareils de graissage et accessoires;

Classe 22. *Machines-Outils.* — Matériel de contrôle et de vérification : calibres, jauges, pieds à coulisse, palmers, comparateurs, vérificateurs de la régularité des formes et des dimensions;

Classe 27. *Applications diverses de l'électricité.* — Indicateurs et enregistreurs à distance pour des phénomènes de toute nature;

Classe 28. *Matériaux, matériel et procédés du génie civil.* — Méthodes d'essai des matériaux de construction;

Classe 32. *Matériel des chemins de fer et tramways.* — Chemins de fer à voie normale ou à voie étroite, superstructure : bascules; matériel et traction : appareils de mesure, dynamomètres, enregistreurs divers; laboratoires;

Classe 33. *Matériel de la navigation de commerce.* — Accessoires des appareils moteurs des navires et bateaux : régulateurs du mouvement; indicateurs du sens de la marche et de la vitesse, compteurs de tours, etc.;

Classe 35. *Matériel et procédés des exploitations rurales.* — Appareils de pesage;

Classe 38. *Agronomie. Statistique agricole.* — Stations agronomiques et laboratoires agricoles: outillage;

Classe 74. *Appareils et procédés du chauffage et de la ventilation.* — Instruments de mesure et de contrôle : anémomètres; manomètres pour la mesure des faibles pressions gazeuses et pour celle du niveau de l'eau dans les circulations; appareils pour la mesure du débit des conduites de vapeur; appareils enregistreurs de toute nature. Appareils de réglage et de distribution : régulateurs de tirage; régulateurs de pression; robinetterie spéciale;

Classe 76. *Matériel et procédés de la filature et de la cordrie.* — Appareils d'épreuves et de contrôle;

Classe 87. *Arts chimiques et pharmacie : matériel, procédés et produits.* — Appareils et instruments destinés aux essais industriels et commerciaux;

Classe 96. *Horlogerie.* — Appareils de mesure. Compteurs divers.

ou bien mentionnés de manière générale dans les attributions de quelques-unes des Classes 6, 10, 12, 13, 19, 20, 27, 28, 29, 32, 33, 36, 63, 64, 65, 73, 88, 114, 116, 117 et 118[1], et nous ne saurions trop, à ce double égard, engager le lecteur à se référer, à titre de très utile complément, aux indications contenues en ce qui les concerne dans les Rapports correspondants du Jury international.

NOTE ADDITIONNELLE AUX CHAPITRES I ET II.

La subdivision F (pages 26 et 27) du Chapitre I et la subdivision G (p. 48 et 49) du Chapitre II ci-dessus rappellent chacune les noms d'exposants de la Classe des «Appareils divers de la Mécanique générale» dont la mention principale figure en dehors de l'un ou de l'autre de ces Chapitres et ayant présenté néanmoins une contribution à la catégorie des Organes de transmission mécanique ou bien à celle des Appareils de régularisation, de graissage, d'observations et de mesures.

Deux autres industriels auraient dû être compris dans ce même rappel, et, tout en nous excusant de n'en avoir fait la remarque qu'après l'achèvement de la mise en pages de notre travail, nous donnons ci-après leurs noms avec l'indication des objets en cause et la référence de mention d'ensemble de ces exposants au cours du présent Rapport, savoir :

1° Pour le Chapitre I, et comme médaille de bronze :

M. A. Degrémont-Samaden, au Cateau (Nord) : page 44, chapitre II. — Tocs, cliquets de forage, bagues d'arrêt, etc.;

2° Pour le Chapitre II, et au titre de la même récompense :

M. Emmanuel Simoneton, au Raincy (Seine-et-Oise) et à Paris : p. 110, ch. VI. — Filtres à huiles.

[1] Voir la note 1 de la page 28 ci-dessus.

CHAPITRE III.

MACHINES SERVANT À LA MANOEUVRE DES FARDEAUX ET POUR LE TRANSPORT DES PERSONNES[1].

Crochets, câbles et chaînes de levage. — Moufles et palans. — Crics et vérins. — Treuils, cabestans, grues, ponts roulants, bigues, etc. — Câbles, chaînes, courroies et bandes de transport. — Trottoir roulant et chemins élévateurs. — Ascenseurs, monte-charges et monte-plats.

A. — EXPOSANTS HORS CONCOURS.

9 dont 8 pour la France et 1 pour l'Allemagne, savoir :

La *Société des ingénieurs civils de France, à Paris, mentionnée ici comme aux Chapitres antérieurs (voir p. 9 et 29) eu égard à la variété considérable de ses travaux;

Les Forges de Douai, M. Ch. Cavelier de Mocomble, de Paris, les Établissements d'Onnaing (Nord) et la Société des accumulateurs Tudor, de Paris, en participation. —

[1] L'ordre adopté dans chacune des listes qui vont suivre a été déduit, autant que possible, de la correspondance entre les objets présentés par les exposants et la nomenclature de principe figurant en sous-titre à cette page même.

D'autre part, comme un certain nombre d'objets du ressort de ce Chapitre rentraient également dans les attributions d'autres classes que celle des appareils divers de la mécanique générale, nous donnons en complément de référence l'indication des principales d'entre ces classes, avec, pour chacune d'elles, un ou plusieurs extraits spéciaux et correspondants de son programme officiel, savoir :

Classe 18 : *Matériel de l'art théâtral.* — Machines : treuils, tambours, chariots; chemins de vols.

Classe 23 : *Production et utilisation mécaniques de l'électricité.* — Applications mécaniques diverses : ascenseurs, treuils, grues, cabestans, ponts roulants, touage magnétique.

Classe 28 : *Matériaux, matériel et procédés du génie civil.* — Matériel et procédés des travaux de terrassements : dragues; matériel et procédés pour le transport et le bardage des matériaux.

Classe 29 : *Modèles, plans et dessins de travaux publics.* — Navigation intérieure : ascenseurs, touage et halage mécanique, outillage d'exploitation des ports fluviaux. Ports maritimes : ponts mobiles; outillage d'exploitation.

Classe 32 : *Matériel des chemins de fer et tramways.* — Chemins de fer à voie normale ou à voie étroite, superstructure : chariots roulants; exploitation : dispositifs et outillage pour la manutention des marchandises. Chemins de fer de systèmes divers : plates-formes mobiles.

Classe 33 : *Matériel de la navigation de commerce.* — Machines à bord pour la manœuvre et pour la manutention des marchandises. Armement : treuils, palans, chaînes, aussières, grelins, etc.

Classe 34 : *Aérostation.* — Aérostation militaire : treuils d'ascension.

Classe 63 : *Exploitation des mines, minières et carrières.* — Machines pour l'extraction des produits de la mine et pour la descente des remblais. Machines et appareils pour la descente et la remonte des ouvriers. Matériel de manutention des produits extraits : plans inclinés, chaînes flottantes, câbles et tramways aériens; installations de chargement des wagons ou bateaux, etc.

Classe 65 : *Petite métallurgie.* — Poulies et moufles.

Classe 115 : *Produits spéciaux destinés à l'exportation dans les colonies.* — Manutention des marchandises spéciales à la consommation dans les pays à coloniser.

N. B. — Voir aussi, mais pour partie seulement, à la fin de la note des pages 9 et 10, la liste des références d'ordre général ou bien communes à plusieurs catégories de la Classe 21.

M. Pierre Arbel, administrateur délégué des Forges de Douai, secrétaire du Jury de la Classe 64, «Grosse métallurgie».

Cette collectivité exposait deux grues électriques à voie normale, de la puissance de 25 tonnes chacune et à fonctionnement par accumulateurs;

M. Jules Le Blanc, à Paris, vice-président du Jury de la Classe 20, «Machines motrices diverses».

La contribution de ce savant constructeur à la Classe des appareils divers de la Mécanique générale était des plus remarquables.

M. Le Blanc présentait, en effet, au titre des engins de levage et de transport :

D'une part, cinq chemins élévateurs ou rampes mobiles à commande électrique, mis en service sur divers points de l'Exposition et franchissant une hauteur d'étage de 8 mètres pour l'un d'entre eux, de 7 mètres pour les quatre autres. Ces appareils, également connus sous le nom de tapis élévateurs à mouvement continu, répondaient du reste aux différentes conditions du programme rappelé en note 1 de la page 12 qui précède, et le tablier comme les mains courantes de chacun d'eux étaient formés de chaînes Galle parallèles et sans fin, les premières entretoisées par des traverses en fer et bois souples portant un tapis en linoléum, les secondes coulissant en rainures et garnies à leur surface de petits tronçons de bois profilés pour l'appui de la main;

En second lieu, la grue pivotante et roulante, du type «Titan» et de la force de 30 tonnes, installée dans la Section française du Palais de la Mécanique et que ses proportions comme sa forme rendaient avantageusement susceptible d'être employée sans modification pour d'autres travaux que ceux de l'Exposition universelle.

Ce puissant et robuste appareil, à toutes manœuvres commandées électriquement et dont les hauteur et portée maxima de crochet étaient respectivement de 12 m. 50 au-dessus du sol et de 11 m. 60 à partir de l'axe de rotation de la grue, pouvait, pendant la période des travaux de montage et de manutention, pour lesquels il avait été spécialement construit, se déplacer sur une voie de 115 mètres de longueur et laissait libre, entre les montants et les premières traverses de la grue, un passage de 5 m. 30 de largeur et haut de 5 mètres, correspondant au plus grand gabarit des chemins de fer, pour la circulation des trains en manœuvre et des wagons en cours de chargement ou de déchargement.

Son fonctionnement au Palais de la Mécanique a d'ailleurs donné toute satisfaction, tant au point de vue de la commodité de manœuvre des fardeaux qu'à celui de la précision du montage des machines, et ses dispositions matérielles mêmes ont permis de l'utiliser en outre pour un certain nombre de manutentions de premier étage ainsi que pour l'entretien des lampes à arc suspendues à la charpente de la galerie.

Quant aux engins hydrauliques exposés par M. J. Le Blanc, et tout à son honneur comme ceux dont nous venons de parler, ils comprenaient :

a. Une pompe à eau à double effet, mue par courroie et à débrayage par friction, d'un débit horaire de 7,500 litres et de fonctionnement très doux;

b. Quatre types de distributeurs d'eau comprimée, du système Wenger perfectionné, qui se construisent à simple ou à double effet et permettent, très commodément et sans effort, le service de pressions de 100 atmosphères et plus;

c. Plusieurs modèles du joint caoutchouc et acier, du système Gibault-Le Blanc, qui a reçu de nombreuses applications sur des tuyaux en tôle d'acier et en fonte pour adductions et conduites d'eau, de gaz et d'air comprimé, sous des pressions variant de 10 mètres à 80 mètres d'eau [1];

MM. Magnard et Cie, de Fourchambault (Nièvre) [anciens Établissements de la Société de Commentry-Fourchambault], — M. Léon Appert, président du Conseil de la Société, président du Jury de la Classe 73, «Cristaux, verrerie», — qui présentaient une importante série de dessins et de photographies de leurs divers types d'appareils de levage, dont plusieurs spécimens figuraient aussi, du reste, à l'Exposition.

Tels un pont roulant de 50 tonnes mû par câble; deux ponts roulants électriques à mouvements indépendants, de la puissance respective de 25 et de 30 tonnes, dont l'un destiné au forgeage et pourvu d'un vireur également à commande électrique; deux grues de forge, à vapeur, l'une en col de cygne, l'autre à potence, et toutes les deux d'une force de 15 tonnes; quatre grues roulantes à pivot, de 4 et de 6 tonnes; deux grues roulantes à portique, enfin, de la puissance de 10 tonnes, tous engins qui, par leur ensemble, donnaient fort clairement l'idée du mérite comme de la variété d'applications des produits de leurs habiles constructeurs [2];

M. *A. Piat et ses fils, à Paris (M. Albert Piat, expert du Jury de la Classe 21), la *Société industrielle des téléphones, de Paris (M. Henry Léauté, administrateur délégué de la Société, président du même Jury) et la *Société par actions de constructions mécaniques de Berlin-Anhalt (M. E. Blum, directeur des usines de la Société, membre du Jury de la Classe 21), dont les contributions respectives, au titre des appareils de levage et de transport, ont été signalées plus haut (voir p. 11 et 14), lors de la mention d'ensemble de leurs belles expositions;

La Société française de constructions mécaniques (anciens Établissements Cail), à Paris. — M. Jean Bonnardel, président honoraire du Conseil d'administration de la Société, membre du Jury de la Classe 33, «Matériel de la navigation de commerce».

Cette Société présentait dans la Classe 21 cinq chemins élévateurs construits par ses soins et qui desservaient plusieurs points des Palais du Champ de Mars.

Ces chemins, établis pour 7 et 8 mètres d'étage, d'après le système qu'exploite

[1] La maison J. Le Blanc s'est vu décerner, au titre de la Classe 21, trois récompenses de collaborateurs, savoir :

Une médaille d'or pour M. Guillaumet;

Une médaille de bronze pour M. Malassé;

Et, pour M. Wendling, une mention honorable.

[2] MM. Magnard et Cie ont obtenu, à ce même titre, pour M. Ch. Gaillard une médaille d'argent, pour M. Charbaud une médaille de bronze, et, pour M. Jules Ferrières, une mention honorable de collaborateurs.

depuis plusieurs années, aux États-Unis, la Reno inclined Elevator C° [1], étaient à tablier continu en planchettes rugueuses pourvues de galets de roulement et de guidage, et à mains courantes mobiles formées de chaînes sans fin guidées en rainures et recouvertes d'une enveloppe flexible de caoutchouc à garniture de peluche; les uns comme les autres avaient un moteur électrique, avec mécanisme d'entraînement par chaîne de Galle, et, suivant le principe même du programme ci-dessus énoncé (voir la note 1 de la page 12), chacun d'eux était muni d'un appareil de sûreté évitant tout retour en arrière, dans le cas éventuel de fausse manœuvre ou de rupture de l'un des organes de l'élévateur.

La Société française, en signalant la grande commodité de fonctionnement de ces intéressantes installations, insistait sur leur simplification possible pour les usages courants, ainsi que sur la convenance de leur disposition en duplex avec moteur unique, pour desservir, par exemple, les tunnels de passage entre quais sous gares de chemins de fer, ou bien pour assurer en même temps l'élévation de passagers à un étage supérieur et leur descente à un étage inférieur [2];

MM. Edoux et Cie, de Paris, enfin (M. Léon Edoux, expert du Jury de la Classe 21), qui signalaient leurs ascenseurs, d'emploi fort répandu et de remarquable construction, et dont l'un, du type aéro-hydraulique, était, à l'Exposition, installé dans l'un des restaurants de la «Rue de Paris».

M. Edoux avait, en 1867, présenté les premiers appareils mécaniques spécialement destinés à l'élévation des personnes, et c'est également à lui que l'on est redevable, depuis l'Exposition de 1878, de l'un des deux grands ascenseurs des tours du Palais du Trocadéro, et, depuis 1889, de la très ingénieuse installation en service entre les deuxième et troisième plates-formes de la Tour Eiffel [3].

B. — GRANDS PRIX [4].

5 pour la France, 1 pour l'Allemagne, 1 pour les États-Unis, soit en tout 7 hautes distinctions au sujet desquelles nous devons ici une mention respective :

A la *Compagnie de Fives-Lille pour constructions mécaniques et entreprises, de Paris, qui, en même temps, se présentait au titre des machines hydrauliques comme à celui des appareils de pesage, et dont nous avons signalé plus haut (voir p. 34) la belle exposition d'engins de levage et d'ascenseurs dans l'ensemble de son importante contribution à la Classe des appareils divers de la Mécanique générale;

[1] Dès le début de son invention, ce genre de chemin a tout particulièrement été appliqué à l'extrémité du pont de Brooklyn pour permettre aux piétons de franchir sans fatigue la différence de niveau existant entre la rue et la plate-forme de la station de la traversée du pont.

[2] Il a été, dans la Classe 21, attribué à la Société française de constructions mécaniques, les quatre récompenses ci-après de collaborateurs :

Pour M. Louis Roley, une médaille d'or;

Une médaille d'argent pour M. Énolas Leroy;

Une médaille de bronze pour M. Victor Capeau fils;

Et une mention honorable pour M. Henri Risbourg.

[3] Voir, ci-dessus, la note 1 de la page 35.

[4] Voir la note de la page 53 ci-dessus.

A M. Carl Flohr, constructeur à Berlin de tous engins de levage, ascenseurs et monte-charges, pour le grand pont roulant à portique exposé par lui dans la partie Ouest (Sections étrangères) du Palais de la Mécanique.

Cet appareil, de la force de 25 tonnes et dont on a beaucoup remarqué la construction fort élégante comme la haute précision de fonctionnement, était à commandes exclusivement électriques et pouvait, pendant la période des travaux de montage et de manutention pour lesquels il avait été prévu, se déplacer sur un chemin de roulement de 107 mètres de longueur et à rails écartés de 27 m. 60 d'axe en axe. Sa largeur utile de manœuvre était, d'ailleurs, d'environ 22 mètres et il existait une distance de 12 m. 50 entre le sol et le pont de circulation du treuil de levage, de telle sorte que le puissant engin présenté par M. Flohr possédait un champ d'action sur terre-plein de complète analogie avec celui de la grue «Titan» dont nous avons parlé (voir p. 54) dans la première partie de ce Chapitre [1];

A MM. Daydé et Pillé, de Creil (Oise), dont les ateliers exposaient une grue «Titan» roulante, à vapeur, de la force de 45 tonnes, d'une portée de 11 m. 25 et à course de chariot de 8 m. 70 [2], et qui présentaient, en outre, une remarquable suite de photographies et de dessins montrant leur participation à l'outillage de grands travaux et d'importants services tant en France qu'à l'étranger.

Cette documentation, pleine d'intérêt et tout à l'honneur de MM. Daydé et Pillé, concernait notamment, dans le domaine des appareils de levage et de transport :

Deux Titans à pivotage et roulement, de 27 mètres de portée, employés aux ports de Valence (Espagne) et de Constantza (Roumanie) pour la pose de blocs artificiels de 40 tonnes ;

Une grue flottante pivotante de la portée de 15 mètres et à course de chariot de 8 m. 25, servant à Constantza pour le transport et la pose de ces mêmes blocs;

Des lève-blocs de 40 et de 100 tonnes, respectivement employés dans les travaux de Constantza et de Cherbourg;

Un bateau porte-blocs, ayant servi dans la construction de la digue de Cherbourg, et de 200 tonnes de puissance, pour le transport, l'échouage et la mise en place, avec précision, de deux blocs artificiels de 100 tonnes chacun;

Une grue à pivot fixe, de la force de 15 tonnes, ainsi que plusieurs grues automotrices à vapeur, à portée variable et à flèche oscillante, à double puissance de 750 et 1,500 kilogrammes; les unes et les autres employées à l'appontement maritime de la Boca, dans la baie de Panama;

Les machinerie centrale, canalisations, grues hydrauliques de chargement et cabestans hydrauliques de l'appontement de Pauillac, sur la Gironde;

[1] La maison C. Flohr s'est vu accorder par le Jury des appareils divers de la mécanique générale deux récompenses de collaborateurs, savoir :

Une médaille d'or pour M. Wolfgang Schrader;

Et une médaille d'argent pour M. Conrad Wistra.

[2] Cet appareil, du type dit «de débarquement», était installé sur le bas quai d'Orsay, au droit de l'avenue de La Bourdonnais.

Une série, enfin, d'appareils hydrauliques établis pour la manœuvre du pont tournant et basculant de la passe de Missiessy, au port de Toulon [1];

A M. Charles Cavelier de Mocomble (ancienne maison C. Guyenet et C. de Mocomble), de Paris, qui, pour représenter les diverses branches d'industrie qu'il pratique, exposait également dans les Classes 19, « Machines à vapeur », 28, « Matériaux, matériel et procédés du génie civil » et 64, « Grosse métallurgie », mais dont l'effort principal s'était porté sur la Classe 21 au double point de vue des appareils de levage et des engins de transport.

Sa contribution à cette Classe comprenait, à ce dernier titre, la plate-forme mobile à deux vitesses, dite « Trottoir roulant ». Ce remarquable appareil, d'une capacité de transport simultané de 25,000 à 30,000 voyageurs et d'un parcours sans fin de 3,400 mètres environ qui desservait le Champ de Mars, l'Esplanade des Invalides et le quai d'Orsay, présentait, à vide, un poids de 500 tonnes pour le trottoir à faible vitesse et de 1,300 tonnes pour la plate-forme à grande vitesse.

Les travaux antérieurs relatifs à la question des « planchers roulants » avaient principalement été ceux de MM. Dalifol (1880), Bliven (1885), Blot (1886), Hénard (1887), de MM. W. et H. Rettig (1888), de MM. Schmidt et Silsbee enfin, en 1893 et 1896, pour les Expositions de Chicago et de Berlin [2].

Quant à la plate-forme même de l'Exposition de 1900, elle fut étudiée dès le début par le regretté C. Guyenet avec son très actif collaborateur, pour le compte d'un syndicat constitué par M. Blot en 1895, et réalisée ensuite par la Compagnie des transports électriques de l'Exposition, avec le concours de M. de Mocomble, qui eut spécialement à établir toute la partie mécanique de l'installation et à en assurer le montage, le réglage et la mise en route.

La force motrice, dont le quantum de transmission possible avait été fort largement prévu, était, comme on sait, fournie par courant électrique aux treuils d'actionnement de la double plate-forme, et tous les détails de l'ingénieux mécanisme de cette dernière figuraient dans l'exposition personnelle de M. de Mocomble, à laquelle se rattachaient, en outre, un ascenseur électrique à frein hydraulique continu pour dix personnes et une intéressante série d'appareils de levage comprenant :

a. Une grue électrique de la force de 100 kilogrammes;
b. Une grue de 2,500 kilogrammes, mue par une machine à pétrole système Niel;
c. Une grue à vapeur de 7,000 kilogrammes de puissance;

[1] M. Alexis Leclerc et M. Émile Sangniez ont obtenu, dans la Classe 21, le premier une médaille d'or et le second une médaille d'argent en leur qualité de collaborateurs de MM. Daydé et Pillé.

[2] L'un des exposants d'appareils divers de la Mécanique générale (voir ci-dessus, p. 22 et 46), M. D.-A. Casalonga, qui en 1893-1894 avait préconisé en collaboration avec feu M. C.-A. Faure un mode particulier d'emploi métropolitain des plates-formes roulantes électriques pour le transport en commun des voyageurs, est revenu récemment sur cette idée, dont il propose la réalisation à Paris, et qui, dernièrement aussi et indépendamment, a fait l'objet d'une étude fort intéressante de M. Ch. de Mocomble.

d. Une grue de 30 tonnes à moteur à pétrole Daimler, de la maison Panhard et Levassor [1];

e. Deux grues électriques, avec accumulateurs, l'une et l'autre de la force de 25 tonnes et présentées, comme il a été dit plus haut (voir p. 53), en participation avec les Forges de Douai, les Établissements d'Onnaing et la Société des accumulateurs Tudor [2];

A MM. Caillard et Cie, du Havre, dont l'exposition était à la fois des plus variées et des plus caractéristiques.

On y remarquait, en effet, comme spécimens de leurs nombreuses contributions à l'outillage des ports, des services de marine, des usines métallurgiques, des chantiers de grands travaux et des ateliers industriels en général :

Deux grues roulantes à vapeur, sur voie normale, à orientation, translation et variation de volée mécaniques, et de la puissance respective de 5 et de 20 tonnes;

Une grue électrique, sur portique, d'une portée de 12 mètres et de la force de 1,500 kilogrammes;

Un treuil à vapeur, à friction, de 3,000 kilogrammes et à changement de marche par excentrique :

Un treuil à vapeur de la force de 1,500 kilogrammes, à tambour affolable et à embrayage par friction conique;

Un cabestan à vapeur de 2,000 kilogrammes et de volume très condensé;

Une importante collection de dessins et de photographies de cabestans de grande puissance, de grues flottantes à flèches courbes de grande portée et de grande hauteur, de grues roulantes et fixes ainsi que de ponts roulants de divers types, tous appareils fournis par les exposants à l'industrie et pour des travaux ou services publics;

Des vues panoramiques d'installations faites par eux dans un certain nombre de ports;

L'ingénieux système, enfin, de « transporteur » dont MM. Caillard ont la concession pour la France et ses colonies et que MM. Temperley et Cie, de Londres, ont imaginé en vue des manœuvres de fardeaux à distance, à l'aide d'un matériel relativement léger et de fonctionnement simple et rapide [3];

A MM. Roux, Combaluzier et Cie, de Paris, constructeurs de l'un des premiers et fort remarquables types d'ascenseurs mis en service à la Tour Eiffel en 1889 [4], et dont l'Exposition de 1900 a montré une fois de plus le haut mérite et la participation active aux progrès de cette branche spéciale si intéressante des constructions mécaniques.

[1] Cet appareil, du type dit « de débarquement », était installé sur le quai d'Orsay, près et en aval du pont de l'Alma.

[2] M. Augustin Madamet et M. Edmond Tinel, de la maison Cavelier de Mocomble, se sont vu décerner, dans la Classe 21, le premier une médaille d'or, le second une médaille d'argent de collaborateurs.

[3] Il a été attribué, dans cette même Classe, à MM. Caillard et Cie, les quatre récompenses ci-après de collaborateurs :

Une médaille d'or pour M. Georges Caillard;
Une médaille d'argent pour M. Person;
Une médaille de bronze pour M. Évens;
Et une mention honorable pour M. Barbot.

[4] Voir, ci-dessus, la note 1 de la page 35.

Ces ingénieurs soumettaient, effectivement, au Jury :

a. Trois beaux spécimens de leurs ascenseurs hydrauliques à alimentation d'eau par entremise de pression d'air, respectivement en service aux bâtiments de l'Exposition minière et du «Maréorama» :

L'un à piston plongeur et équilibrage supérieur, d'une course de 14 mètres et de la capacité de 80 personnes;

Les deux autres, équilibrés également, à câbles et parachute, à moteur hydraulique mouflé, de la capacité de 20 personnes chacun et d'une course de 22 m. 50 ;

b. Vingt-trois monte-charges au service du «Vieux-Paris», de la puissance de 80 kilogrammes l'un et de 9 mètres de course, mis en marche par la pression des eaux de la Ville et dans lesquels l'emploi de moteurs mouflés se prêtait fort commodément à l'ascension inclinée de la charge le long du mur de soutènement du quai de la Seine;

A l'Otis Elevator C°, enfin, de New York, qui avait, elle aussi, exécuté deux des puissants appareils élévateurs exploités dès le début pour le service de la Tour de 300 mètres [1] et dont, en particulier, le type actuel d'ascenseurs électriques était représenté au Pavillon américain de la «Rue des Nations».

Deux appareils de ce genre s'y trouvaient être en effet à la disposition du public, le premier de la force de 1,000 à 1,200 kilogrammes, le second de la puissance d'environ 800 kilogrammes : tous les deux à câbles, à cabine équilibrée et à frein-parachute, l'un comme l'autre susceptibles de deux vitesses, avec grande souplesse de mise en marche et d'arrêt, et pourvus à chaque étage d'une condamnation de manœuvre commandée automatiquement dans le cas d'ouverture d'une seule d'entre les portes palières [2].

Cette installation comportait en outre un système d'indicateurs d'étages, à titre de spécimen d'un dispositif presque nécessaire aux États-Unis en raison du nombre fréquemment considérable des ascenseurs en service et des étages desservis dans un même immeuble.

La Compagnie Otis exposait de plus, dans l'un des Palais du Champ de Mars et d'après le système Ch.-D. Seeberger, un escalier transporteur électrique continu à marches articulées, entraîné par tambour et chaîne sans fin, et qui, par un jeu de rails et de guides convenablement disposés, débutait et se terminait à tout moment par un palier horizontal de manière à faciliter l'entrée comme la sortie des passagers [3].

[1] Voir, ci-dessus, la note 1 de la page 35.

[2] La sécurité d'emploi des ascenseurs avait du reste et très généralement fait l'objet de la préoccupation comme des efforts des exposants de ces engins, et cette même question a été récemment mise à l'étude, à la Préfecture de Police et par les soins du Conseil d'hygiène du département de la Seine, au point de vue des dispositions qu'il conviendrait administrativement de prendre pour assurer au mieux la sauvegarde du public et engager aussi complètement que possible la responsabilité des constructeurs.

[3] M. Charles-D. Seeberger et M. W.-S. Tyler ont l'un et l'autre obtenu, au titre des appareils divers de la mécanique générale, une médaille d'or pour leur collaboration avec l'Otis Elevator C°.

C. — MÉDAILLES D'OR [1].

7 dont 3 pour la France, 1 pour l'Allemagne, 1 pour les États-Unis, 1 pour la Hongrie et 1 pour l'Italie :

MM. Mohr et Federhaff, de Mannheim, dont l'importante industrie s'applique principalement aux appareils de levage de tous genres ainsi qu'aux engins de pesage et machines pour essais de matériaux, soumettaient, en effet, au Jury une grue portique roulante très soigneusement étudiée, pourvue de dispositifs ingénieux de sécurité, de freinage et de commutation de mouvements, et munie pour ses manœuvres d'un appareillage électrique Siemens et Halske qui comprenait notamment un moteur pour le levage et un moteur en commun pour la rotation et la translation.

La puissance de cet engin, dont la voie de roulement avait une largeur de 4 mètres, était de 1,500 kilogrammes au câble ou de 3,000 kilogrammes avec poulie double, et la portée utile en était de 9 m. 25 avec élévation possible de 20 mètres au-dessus du sol pour le crochet de manœuvre.

De leur côté, MM. Ganz et Cie, de Budapest, exposaient, au titre des appareils divers de la Mécanique générale, un pont roulant électrique construit par l'une de leurs importantes usines, dont l'activité s'étend, en dehors des engins de levage, à nombre de spécialités de grande mécanique et d'électrotechnie.

Cet appareil, de la puissance de 20 tonnes, à deux chariots mobiles, d'une portée de 11 mètres d'axe en axe des rails de son chemin de roulement, comportait de très heureuses dispositions de facilité de manœuvres et de sécurité. Destiné à l'un des chemins de fer de l'État hongrois, il avait, à l'Exposition, été utilisé pour le montage d'un groupe électrogène où figurait une machine dynamo commandant une pompe de mines à trois pistons plongeurs, également construite par MM. Ganz et susceptible d'un débit horaire de 60 mètres cubes.

La Shaw Electric Crane Co, de Muskegon (États-Unis), propagatrice active de l'indépendance aujourd'hui très répandue des moteurs en service dans les appareils de levage électriques, présentait, comme spécimen de ses importants travaux, un pont roulant dont le Jury a tout particulièrement remarqué les dispositions.

M. Léandre Mégy, de Paris, exposait une série d'appareils auxquels l'application, fort répandue comme on sait, de son système d'embrayage à ressort intérieur donnait des propriétés spécialement remarquables.

D'une manière générale, en effet, ce mécanisme peut fonctionner à volonté comme frein, comme limiteur de force, ou comme régulateur de vitesse, et M. Mégy obtient en outre, à son aide, des résultats de douceur, de suspension et de changements de

[1] Voir, ci-dessus, la note de la page 53.

marche fort clairement représentés dans l'ensemble de son intéressante exposition, qui comprenait notamment :

D'une part et en ce qui concerne les embrayages proprement dits, des appareils spéciaux pour automobiles et des embrayages pour les puissances de 1/2, 10, 30 et 60 chevaux aux vitesses respectives de 1,500, 150, 100 et 300 tours par minute;

D'autre part, et au titre des appareils de levage, une grue à potence avec treuil de 500 kilogrammes, un treuil vertical à bras de 5 tonnes, un chariot roulant de 10 tonnes, un treuil de 1,500 kilogrammes, un ascenseur monte-charges à poulie parachute, un embrayage servo-moteur à double effet, un pont roulant électrique de 3 tonnes, et un tire-sacs à manœuvres variées.

M. *Jules Gustin fils aîné, de Deville (Ardennes), figurait principalement dans la Classe 21 au titre des organes de transmission et des appareils de levage, et nous avons indiqué plus haut (voir p. 15) l'ensemble de son intéressante exposition.

M. Jacques Hallé, de Paris, présentait les dessins de son ingénieux système de rampe électrique mobile, dont nous avons dit précédemment (voir p. 12) la large application par les soins de MM. Piat, ses constructeurs, au service de transports du rez-de-chaussée au premier étage des Palais de l'Exposition.

Cet appareil, qui répondait complètement au programme du concours visé en note de cette même page, fonctionnait par tambour d'entraînement et de rappel; il était à mains courantes sans fin en caoutchouc garni de velours, et son tablier, continu, était formé d'une large courroie soutenue par une série de galets et dont la construction spéciale assurait à la fois la souplesse de l'engin dans son enroulement et sa rigidité sous les pieds des voyageurs.

M. A. Stigler, enfin, de Milan, dont les intéressants ascenseurs ont de nombreuses applications dans divers pays, en exposait les types électrique et hydro-électrique :

Le premier à treuil électro-moteur à régularisation de vitesse, et à manœuvre par boutons placés à l'intérieur de la cabine;

Le second à manœuvre universelle et dans lequel une « centrale à pression », à réglage automatique et alimentée par un moteur électrique, alimente elle-même un cylindre hydraulique dont le piston est pourvu de deux crémaillères parallèles transmettant avec amplification leur mouvement commun au système de suspension de la cabine. Cette dernière est d'ailleurs équilibrée pour l'un comme pour l'autre appareil et munie, pour chacun d'eux également, de dispositifs de sécurité pour les cas de rupture de câbles, de rencontre d'obstacles ou d'excès de vitesse.

D. — MÉDAILLES D'ARGENT [1].

9 pour la France, 2 pour les États-Unis et 1 pour l'Italie, soit, au total, 12 récompenses qui valent le rappel fait ici de leurs noms :

[1] Voir, ci-dessus, la note de la page 53.

A M. *Émile Chouanard, de Paris, qui figurait principalement dans la Classe 21 pour les organes de transmission et les engins de levage, et dont nous avons dit plus haut (voir p. 18) l'ensemble de la contribution à cette Classe;

A la maison Veuve Bernier et Cie, de Paris, dont l'intéressante exposition comprenait :

Un treuil de la puissance de 25 tonnes, à double noix et parachute de sûreté;

Deux grues à bras pivotantes, de la force respective de 1,000 et de 2,000 kilogrammes, et roulant la première sur route, la seconde sur rails;

Un monte-charges à deux cages, enfin, avec double application de parachute et de débrayage automatiques[1];

A M. E. Lorin, de Doulaincourt (Haute-Marne), qui présentait une importante série de spécimens de sa fabrication de chaînes et d'appareils de levage, tels que palans, treuils, ponts roulants, grues spéciales, chariots roulants, etc.;

A MM. Rondet, Schor et Cie (anciens Établissements E. Chauvin et Marin-Darbel), de Paris, qui signalaient au Jury leur type de machine Chèvefy pour les essais de matériaux et dont l'exposition dans la Classe 21 comportait, en outre, une notable série de grues roulantes à voie normale et de grues à charpente fixe ou roulante, de puissances respectivement échelonnées de 1,200 à 5,000 kilogrammes et de 15 à 45 tonnes, et pourvues les unes comme les autres du frein de sécurité spécial à ces constructeurs;

A MM. A. Salin et Cie, de Dammarie-sur-Saulx (Meuse), pour l'intéressante disposition de grue pivotante, à fonctionnement par moteur électrique ou à bras, dont ils présentaient un spécimen de la puissance de 10 tonnes, d'une portée de 5 m. 10 et d'une hauteur sous flèche de 7 m. 60;

A la Robins Conveying Belt Co, de New York, pour son système spécial de transporteur Robins à courroie sans fin en toile caoutchoutée, — sorte d'auge qui se meut, a-t-on dit, — de fonctionnement silencieux comme de facile installation, susceptible de rendre les services de table de triage, et très commode pour les manœuvres intensives de transport et de déchargement des matériaux de différente nature, tels que déblais, betteraves, graines, charbon de terre, minerais, etc;

A MM. Mazeran et Sabrou (ancienne maison Olry et Granddemange), de Paris, dont la contribution s'appliquait à la fois aux appareils hydrauliques et aux engins de transport, et qui exposaient à ces divers titres :

a. Deux rampes mobiles du système Granddemange, donnant accès au «Trottoir roulant», l'une comme l'autre à mains courantes en bois sectionné, fixées sur une bande flexible sans fin, et à tapis en courroie de cuir articulée reposant sur des chaînes

[1] Une médaille de bronze a été, dans la Classe 21, accordée à M. H. Dehant pour sa collaboration avec la maison Veuve Bernier et Cie.

à blocs d'entraînement soutenues de distance en distance par des galets de roulement à gorges;

b. Trois pompes à piston plongeur commandées, les deux premières, par engrenages et par courroie et, la troisième, en tandem par machine à vapeur:

c. Leur type de pompes centrifuges à commande par courroies ou directement par moteur électrique;

A M. Auguste Geslin, de Paris, pour son intéressante exposition d'ascenseurs et de monte-charges, qui comprenait :

Deux monte-plats à main, à arrêt automatique et descente en charge au frein;

Un ascenseur hydro-pneumatique pour 8 à 10 personnes, à équilibrage inférieur mécanique par contrepoids et un monte-charges, également hydro-pneumatique, de la puissance de 200 kilogrammes;

Un ascenseur enfin du système direct à équilibrage inférieur hydraulique par compensateur, pour 10 à 12 personnes comme le précédent, et un monte-charges de 200 kilogrammes, pouvant l'un et l'autre fonctionner soit à l'aide de la pression de l'eau de la Ville, soit par pression hydraulique obtenue sous l'influence d'une distribution d'air comprimé[1];

A MM. Rousseau, J. Lecoq et Mathieu, de Paris, pour leur système d'ascenseur électrique à manœuvre par boutons, à démarrage et arrêts progressifs, et à suspension de cabine par double câble avec double parachute de sûreté;

A MM. W.-S. Tyler et Cie, de Cleveland (États-Unis), pour leur construction de cadres et cages d'ascenseurs, représentée dans l'installation Otis ci-dessus visée du Pavillon américain (voir p. 60);

A MM. G. Falconi et Cie, de Novare (Italie), pour leur système spécial d'ascenseur à suspension funiculaire avec appareil de sûreté et régulateur de vitesse, dans lequel la mise en marche est assurée par un palan différentiel hydraulique pouvant se commander de l'intérieur de la cabine et construit à volonté pour une force unique ou pour deux puissances différentes, de manière à proportionner, pour ce dernier cas et dans une certaine mesure, la consommation d'eau de l'appareil à l'importance même du travail qu'on lui demande;

A M. J.-M. Jomain, de Paris, enfin, pour l'intéressante fabrication de monte-personnes, monte-charges et monte-plats, dont il exposait également des spécimens dans la Classe 65, «Petite métallurgie», et qui s'applique à des appareils fonctionnant soit à bras, par traction sur corde ou par manivelle, soit par transmission ou bien électriquement.

[1] MM. Adolphe et Auguste Geslin ont, dans la Classe 21, obtenu chacun une médaille de bronze pour leur collaboration avec la maison Geslin.

E. — MÉDAILLES DE BRONZE[1].

7 dont 5 pour la France, 1 pour la Belgique et 1 pour les États-Unis :

M. *J. Bonnaffous, de Paris, figurait en effet dans la Classe 21 au double titre des organes de transmission et des engins de levage, et nous avons mentionné plus haut (voir p. 22) l'ensemble de sa contribution à cette Classe.

MM. Renous et Deffarges, de Bordeaux, présentaient de leur côté deux monte-plats, dont l'un avec parachute, pour le cas éventuel de rupture du cordage de suspension, et un monte-charges pour 1,000 à 1,200 kilogrammes, construit également par leurs ateliers de Mussidan (Dordogne) et pourvu à la fois d'un frein de descente ainsi que d'un parachute à longue course.

M. E. Augé, de Paris, avait fourni pour le service de la manutention six grues électriques, de la force de 1,500 kilogrammes et de la portée de 4 mètres, et signalait en outre la construction par ses soins, pour les travaux du Grand Palais, d'une grue tournante à vapeur de 2,000 à 5,000 kilogrammes, montée sur pylône roulant et à mécanisme de manœuvres au niveau du sol.

MM. Coupé et Hugot, de Clichy (Seine), exposaient trois grues à bras, l'une roulante sur rails, de la force de 3,000 kilogrammes et d'une portée de 3 mètres, les deux autres roulantes sur route et à avant-train, de la puissance respective de 1,000 et 1,500 kilogrammes avec portée de 3 mètres pour la première et de 5 mètres pour la seconde.

La Maison Beer, Société anonyme, à Jemeppe-sur-Meuse (Belgique), dont l'une des nombreuses spécialités est la construction d'appareils de translation ou traînage par chaînes ou par câbles pour le service des usines, carrières, charbonnages, etc., faisait figurer dans la Classe 21 le modèle réduit d'un transport funiculaire sans fin, système Heckel, établi par ses soins aux lavoirs et fours à coke de la firme Röchling, à Altenwald[2].

La *Jeffrey Manufacturing C°, de Columbus (États-Unis), se présentait notamment pour les chaînes de transport et les chaînes de transmission, et nous avons indiqué plus haut (voir p. 24) sa participation à ce double égard.

MM. J. Gallois, Cibié et Cie, de Paris, enfin, exposaient en service public, et pour la puissance de dix personnes, un de leurs ascenseurs électriques directs équilibrés, à manœuvres par boutons et à cabine pourvue de parachute.

(1) Voir, ci-dessus, la note de la page 53.

(2) M. Cornélis Springer et M. Ernest Heckel se sont vu accorder, au titre des appareils divers de la mécanique générale, le premier une médaille de bronze et le second une mention honorable pour leur collaboration avec la Société de la maison Beer.

IMPRIMERIE NATIONALE.

F. — MENTIONS HONORABLES [1].

4 pour la France, 1 pour les États-Unis et 2 pour la Suisse, soit en tout 7 récompenses qui valent le rappel fait ici de leurs noms :

A MM. E. Giraud et Cie, de Doulaincourt (Haute-Marne), pour l'ensemble de leur exposition très variée d'appareils de levage;

A MM. Henderer fils, de Wilmington (États-Unis), pour leur construction de crics hydrauliques;

A M. J.-B. Sarazin, de Chailly-en-Brie (Seine-et-Marne), pour son système particulier de treuil à main;

A MM. Dunand frères, de Carouge-Genève, qui soumettaient au Jury leur construction spéciale de treuils à noix pour fonctionnement à bras et pour marche au moteur;

A M. S. Marti, d'Othmarsingen (Suisse), pour son exposition de crics;

A M. Bagshawe aîné, de Paris, pour sa chaîne « Simplex » et son genre d'appareils élévateurs ou transporteurs comportant l'application de cette chaîne. Un élévateur et un transporteur mécaniques Bagshawe fonctionnaient notamment à l'usine de la Société française des pompes Worthington [2] pour l'alimentation automatique en combustible des générateurs de cette usine et l'enlèvement continu de leurs escarbilles;

A MM. Traizet frères, de Paris, enfin, qui signalaient leur système de parachute, dans son adaptation à tous monte-charges et autres élévateurs de même nature dont la construction est du reste aussi l'une de leurs spécialités.

G. — EXPOSANTS HORS CONCOURS OU RÉCOMPENSÉS DONT LA MENTION D'ENSEMBLE FIGURE À DES CHAPITRES AUTRES QUE LE CHAPITRE III, ET AYANT PRÉSENTÉ LES CONTRIBUTIONS CI-APRÈS À LA CATÉGORIE DES APPAREILS POUR LA MANŒUVRE DES FARDEAUX ET LE TRANSPORT DES PERSONNES [3] :

HORS CONCOURS.

Société de la commission des ardoisières d'Angers, Larivière et Cie : page 15 ci-dessus, chapitre I. — Câbles ronds ou plats pour les appareils de levage, les monte-charges et les ascenseurs; câbles pour plans inclinés et plans aériens.

GRANDS PRIX.

Association des industriels de France contre les accidents du travail, à Paris :

[1] Voir, ci-dessus, la note de la page 53. — [2] Voir la page 72 ci-après. — [3] Voir, ci-dessus, les titre, sous-titre et note de la page 53.

page 104 ci-après, chapitre VI. — Appareils de sécurité applicables aux ascenseurs et à divers engins de levage, tels que crics et tire-sacs.

Batcheller Pneumatic Tube C°, à New York City (États-Unis) : p. 92 ci-après, ch. V. — Appareils pour la transmission pneumatique de la correspondance et des marchandises.

MÉDAILLES D'OR.

M. Edmond Chameroy, à Paris : page 37 ci-dessus, chapitre II. — Poulain de déchargement, et tricycle ou chariot pour transport de colis ou marchandises.

M. Charles Sébin fils, à Paris : p. 18 ci-dessus, ch. I. — Chaînes Vaucanson pour les industries mécaniques, et chaînes Galle pour les appareils de levage et de transport.

MM. Sautter, Harlé et Cie, à Paris : p. 74 et 93 ci-après, ch. IV et V. — Appareils de levage à commande à la main ou par l'électricité.

MM. Schaeffer et Budenberg, à Magdebourg-Buckau (Allemagne) : p. 36 ci-dessus, ch. II. — Poulies différentielles et chaînes de levage.

MM. Morane jeune et Cie, à Paris : p. 76 ci-après, ch. IV. — Boucliers à vérins hydrauliques indépendants et à commande électrique pour les travaux de percement de tunnels.

MÉDAILLES D'ARGENT.

M. Ernest Benoit, à Paris : page 21 ci-dessus, chapitre I. — Chaînes Vaucanson pour usages mécaniques, et chaînes Galle pour la manœuvre des appareils de levage et de transport.

M. Emmanuel Farcot fils, à la Plaine Saint-Denis et à Paris (Seine) : p. 94 ci-après, ch. V. — Élévateurs-transporteurs pneumatiques.

M. H. Jandin, à Lyon : p. 79 ci-après, ch. IV. — Bateaux-pompes pour renflouages, dragues à pompes, bennes-dragues à griffes et extracteurs de déblais.

MM. Émile Salmson et Cie, à Paris : p. 79 ci-après, ch. IV. — Élévateurs d'eau par air comprimé pour le fonctionnement des ascenseurs hydrauliques.

MÉDAILLES DE BRONZE.

M. A. Delafraye, à Marissel-les-Beauvais (Oise) : page 24 ci-dessus, chapitre I. — Câbles en cuir pour ponts roulants, treuils, renvideurs, etc.

MM. Borch et Henriksen, à Copenhague (Danemark) : p. 44 ci-dessus, ch. II. — Grue tournante P.-C. Henriksen.

M. Louis Prat, à Paris : p. 96 ci-après, ch. V. — Ventilation et tirage par transformateur de pression pour entraînement de poussières, etc.

Telles étaient, avec celles qui sont mentionnées sous les rubriques A à F du présent Chapitre, les principales contributions ayant trait à la catégorie des Machines pour la ma-

nœuvre des fardeaux et le transport des personnes, et présentées dans la Classe 21 par 64 d'entre les exposants hors concours ou récompensés de cette même Classe, savoir :

France	46	Hongrie	1
Allemagne	4	Italie	2
Belgique	1	Suisse	2
Danemark	1		
États-Unis	7	Total égal	64

Quant aux objets nombreux et très variés constituant cet ensemble de contributions, ils se subdivisaient sommairement, ainsi qu'on l'a pu voir [1], en appareils de levage [2], appareils de transport [3], ascenseurs, monte-charges et monte-plats, et l'énumération ou l'appréciation que nous en avons données suivant les cas permettent de se rendre compte des efforts faits dans les différents pays pour assurer le progrès et le développement de cette branche des appareils divers de la Mécanique générale.

Il convient de rappeler, en outre, qu'à l'une ou à l'autre de ces trois subdivisions se rattachaient plus ou moins directement plusieurs d'entre les objets explicitement visés au programme des Classes 18, 23, 28, 29, 32, 33, 34, 63, 65 et 115 [4], ou bien mentionnés de manière générale dans les attributions de quelques-unes des Classes 6, 10, 12, 13, 19, 20, 27, 28, 29, 32, 33, 36, 63, 64, 65, 73, 88, 114, 116, 117 et 118 [5], et nous ne saurions trop, à ce double égard, engager le lecteur à se référer, à titre de très utile complément, aux indications contenues en ce qui les concerne dans les Rapports correspondants du Jury international.

[1] Et comme il est du reste indiqué en détail et par nation, — pages 138 et suivantes, — à l'Annexe n° II de ce Rapport.

[2] Crochets, câbles et chaînes. — Moufles et palans. — Crics et vérins. — Treuils, cabestans, grues, ponts roulants, bigues, etc.

[3] Câbles, chaînes, courroies et bandes. — Trottoir roulant et chemins élévateurs.

[4] Le programme officiel de ces Classes comprenait en effet, entre autres articles :

Classe 18 : *Matériel de l'art théâtral.* — Machines : treuils, tambours, chariots ; chemins de vols ;

Classe 23 : *Production et utilisation mécaniques de l'électricité.* — Applications mécaniques diverses : ascenseurs, treuils, grues, cabestans, ponts roulants, touage magnétique ;

Classe 28 : *Matériaux, matériel et procédés du génie civil.* — Matériel et procédés des travaux de terrassements : dragues. Matériel et procédés pour le transport et le bardage des matériaux ;

Classe 29 : *Modèles, plans et dessins de travaux publics.* — Navigation intérieure : ascenseurs, touage et halage mécanique, outillage d'exploitation des ports fluviaux. Ports maritimes : ponts mobiles ; outillage d'exploitation ;

Classe 32 : *Matériel des chemins de fer et tramways.* — Chemins de fer à voie normale ou à voie étroite, superstructure : chariots roulants ; exploitation : dispositifs et outillage pour la manutention des marchandises. Chemins de fer de systèmes divers : plates-formes mobiles ;

Classe 33 : *Matériel de la navigation de commerce.* — Machines à bord pour la manœuvre et pour la manutention des marchandises. Armement : treuils, palans, chaînes, aussières, grelins, etc. ;

Classe 34 : *Aérostation.* — Aérostation militaire : treuils d'ascension ;

Classe 63 : *Exploitation des mines, minières et carrières.* — Machines pour l'extraction des produits de la mine et pour la descente des remblais. Machines et appareils pour la descente et la remonte des ouvriers. Matériel de manutention des produits extraits : plans inclinés, chaînes flottantes, câbles et tramways aériens ; installations de chargement des wagons ou bateaux, etc. ;

Classe 65 : *Petite métallurgie.* — Poulies et moufles ;

Classe 115 : *Produits spéciaux destinés à l'exportation dans les colonies.* — Manutention des marchandises spéciales à la consommation dans les pays à coloniser.

[5] Voir la note 1 de la page 28 ci-dessus.

CHAPITRE IV.

APPAREILS HYDRAULIQUES ÉLÉVATOIRES, MACHINERIES À EAU ET CANALISATIONS HYDRAULIQUES[1].

Pompes et norias. — Injecteurs, éjecteurs et pulsomètres. — Béliers, hydro-élévateurs, etc. — Presses hydrauliques et accumulateurs. — Multiplicateurs et réducteurs de pression. — Distributeurs d'eau comprimée, appareils à pression d'eau, etc. — Canalisations d'eau et accessoires.

A. — EXPOSANTS HORS CONCOURS.

8 dont 7 pour la France et 1 pour la Grande-Bretagne, savoir :

La *Société des ingénieurs civils de France, à Paris, dont il est question aux Chapitres précédents (voir p. 9, 29 et 53) comme ici même en raison de la généralité de son œuvre;

MM. H. Brulé et Cie (ancienne maison Hermann-Lachapelle), de Paris (M. Henri Brulé, secrétaire du Jury de la Classe 20, «Machines motrices diverses»), dont la grande variété de travaux est fort connue et qui présentaient, au titre des appareils divers de la Mécanique générale, deux pompes à courant continu construites dans leurs ateliers d'après le système Jandin :

[1] L'ordre suivi dans chacune des listes que l'on va lire résulte, autant que possible, de la correspondance entre les objets exposés et la nomenclature de principe figurant en sous-titre à cette page même.

D'autre part, comme plusieurs objets du ressort de ce Chapitre rentraient également dans les attributions d'autres classes que celle des appareils divers de la mécanique générale, nous donnons en référence complémentaire l'indication des principales d'entre ces classes avec les extraits spéciaux et correspondants de leur programme officiel, savoir :

Classe 19. *Machines à vapeur.* — Appareils d'alimentation. Condensation.

Classe 20. *Machines motrices diverses.* — Machines à colonne d'eau.

Classe 28. *Matériaux, matériel et procédés du génie civil.* — Matériel et procédés des distributions d'eau.

Classe 29. *Modèles, plans et dessins de travaux publics.* — Navigation intérieure : usines élévatoires. Travaux d'alimentation en eau et d'assainissement des villes.

Classe 32. *Matériel des chemins de fer et tramways.* — Chemins de fer à voie normale ou à voie étroite, superstructure : alimentation d'eau.

Classe 33. *Matériel de la navigation de commerce.* — Accessoires des appareils moteurs des navires et bateaux : pompes diverses.

Classe 35. *Matériel et procédés des exploitations rurales.* — Desséchements, irrigations. Pompes.

Classe 37. *Matériel et procédés des industries agricoles.* — Huileries.

Classe 43. *Matériel et procédés de l'horticulture et de l'arboriculture.* — Appareils d'arrosage. Jets d'eau.

Classe 63. *Exploitation des mines, minières et carrières.* — Machines et pompes d'épuisement. Outillage spécial d'exploitation des mines de sel, des gîtes pétrolifères, etc. Appareils à agglomérer les combustibles.

Classe 64. *Grosse métallurgie.* — Presses à forger.

Classe 87. *Arts chimiques et pharmacie : matériel, procédés et produits.* — Matériel des fabriques de bougies.

Classe 111. *Hygiène.* — Travaux d'amenée d'eau dans les villes.

N. B. — Voir en outre, mais pour partie seulement, à la fin de la note des pages 9 et 10, la liste des références d'ordre général ou bien communes à plusieurs catégories de la Classe 21.

La première pour débit maximum de 240 litres par seconde et pressions jusqu'à 30 mètres; la seconde à maximum de débit horaire de 30 mètres cubes et pour pressions jusqu'à 20 kilogrammes; toutes les deux à vannes de réglage de pression pour l'aspiration comme pour le refoulement[1];

M. Nicolas Duval-Pihet, de Paris, membre du Jury de la Classe 22, «Machines-outils», dont la contribution à la Classe 21 s'appliquait à divers appareils hydrauliques élévatoires au nombre desquels figurait spécialement l'intéressante machine à colonne d'eau de l'habile constructeur[2];

M. * Jules Le Blanc, de Paris, vice-président du Jury de la Classe 20, «Machines motrices diverses», dont l'exposition dans la Classe 21 avait, comme on l'a vu plus haut (page 54), réservé une part importante aux appareils de la quatrième Section de cette Classe;

M. Émile Meunier, de Paris, le très regretté ingénieur principal des installations hydrauliques de l'Exposition[3], bien connu pour sa compétence spéciale et à qui l'on était redevable de nombre d'études de machines élévatoires[4], notamment pour le service des eaux de la ville de Paris[5];

MM. *Muller et Roger, de Paris (M. Paul Roger, membre suppléant du Jury de la Classe 21), qui présentaient toute une série de spécimens d'appareillage hydraulique dont nous avons dit plus haut (voir p. 31) l'intérêt et la remarquable variété;

La Société Thwaites frères, limited, de Bradford (Grande-Bretagne) [M. William Hanning, représentant de la Société, membre suppléant du Jury de la Classe 20, «Machines motrices diverses»], qui participait à la Classe 21 en faisant figurer dans son exposition une pompe et un ventilateur sortis de ses ateliers;

MM. Mathelin et Garnier, enfin, de Paris (M. Hubert Garnier, membre du Jury de la Classe 74, «Appareils et procédés du chauffage et de la ventilation»), qui signalaient leurs importants travaux de canalisations pour les services d'alimentation d'eau et de secours contre l'incendie à l'Exposition de 1900[6].

(1) M. Albert Centner, M. Victor Moreau et M. Dargent, de la maison Brulé et Cie, ont obtenu, dans la Classe 21, le premier une médaille d'argent, le deuxième une médaille de bronze, et, le troisième, une mention honorable de collaborateurs.

(2) Il a été, dans cette même Classe, attribué deux médailles de bronze à M. Louis Dabos et à M. Jules Wartel, en leur qualité de collaborateurs de M. Duval-Pihet.

(3) Les quatre grandes divisions des services techniques de la Direction générale de l'exploitation comprenaient, sous la haute direction de M. Delaunay-Belleville :

1° Le Service mécanique, confié à M. Ch. Bourdon;

2° Le Service électrique, à la tête duquel était M. R.-V. Picou;

3° Le Service de la manutention et des appareils de levage, qui était dirigé par feu M. C. Guyenet, auquel a succédé M. Ringuier, son ingénieur adjoint;

4° Le Service hydraulique, dont l'ingénieur principal était M. É. Meunier.

(4) Celles, entre autres, dont il sera question à la page 80 ci-dessous à propos de l'exposition de MM. Darblay père et fils.

(5) M. Berthier, de la maison E. Meunier, s'est vu décerner par le Jury des appareils divers de la mécanique générale une médaille d'argent de collaborateur.

(6) Ces exposants, de manière conjointe et solidaire

B. — GRANDS PRIX [1].

3 pour la France, 2 pour les États-Unis et 2 pour la Suisse, soit, au total, 7 hautes distinctions au sujet desquelles nous devons ici une mention respective :

A la * Compagnie de Fives-Lille pour constructions mécaniques et entreprises, de Paris, qui se présentait également au titre des engins de pesage ainsi que des appareils de levage et de transport, et dont nous avons indiqué plus haut (voir p. 34) l'exposition d'hydraulique dans la Classe 21 lors de la mention d'ensemble de sa participation à cette Classe;

A la Worthington Pumping Engine C°, de New York.

Cette Société signalait un remarquable ensemble d'appareils hydrauliques récemment construits par ses soins pour le service de la Tour Eiffel, et qui, notamment, comprenait :

a. Cinq machines élévatoires Worthington, du type de pression à triple expansion, dont deux pour les ascenseurs de la Compagnie de Fives-Lille, deux pour les ascenseurs Otis et Edoux et une à titre auxiliaire avec les ascenseurs Otis ; tous engins d'encombrement réduit comparativement à leur puissance, et à visite comme à réparation facile de leurs pistons à vapeur et de leurs boîtes à clapets [2];

b. Une pompe alimentaire du type courant, et deux pompes à air, à balancier, destinées, comme les précédentes, à étendre ou compléter l'action de la machinerie Worthington installée pour la Tour de 300 mètres à l'époque de l'Exposition de 1889 [3];

avec la Société anonyme des hauts-fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson (voir p. 77 ci-après), avaient notamment été déclarés adjudicataires de la canalisation en fonte pour la distribution d'eau de Seine au Château-d'eau du Champ de Mars et au Service de la force motrice.

Dans leur ensemble, du reste, et d'après le rapport de M. l'Ingénieur principal Ch. Bourdon, les diverses conduites nécessaires pour fournir tout ce qu'exigeaient ce dernier service ainsi que la mise en mouvement des machines et appareils exposés, comprenaient indépendamment des canalisations électriques :

Distribution d'eau à basse pression pour les condenseurs;

Conduite de retour à la Seine des eaux chaudes de condensation;

Conduite d'eau à moyenne pression pour les machines à papier, les machines à glace, les moteurs à gaz, et, d'une manière générale, pour toutes les machines ne pouvant pas puiser l'eau en dessous du sol;

Canalisations de distribution de vapeur;

Conduites collectrices des purges;

Conduites de distribution d'air comprimé;

Canalisation de distribution d'eau pour l'alimentation des chaudières;

Canalisation de vidange pour les chaudières;

Canalisation d'eau à haute pression pour service d'incendie et appareils divers exposés;

Canalisation de distribution de gaz,

Les quatre dernières étant d'ailleurs placées en terre suivant la disposition ordinairement adoptée, et le montage des quatre premières étant effectué de telle sorte qu'elles fussent toujours accessibles et que les vannes qui interceptaient les communications avec les branchements des exposants pussent à tout moment être fermées, afin de faciliter la surveillance et le maintien en bon état de ces canalisations.

[1] Voir la note de la page 69 ci-dessus.

[2] et [3] Voir ci-dessus la note 1 de la page 35, au sujet des services d'ascenseurs successivement organisés à la Tour Eiffel.

A la Société française des pompes Worthington, de Paris, qui exposait elle aussi un groupe très important de machines élévatoires, puisant l'eau en Seine au port de la Cunette et desservies par générateurs de vapeur Babcock et Wilcox.

Ces machines, au nombre de quatre, étaient du type Worthington horizontal à action directe, à triple expansion et à cylindres compensateurs; et leur débit individuel, susceptible d'atteindre 500 litres par seconde, avait été largement prévu pour le service des eaux à basse pression du Champ de Mars, chargé d'assurer la fourniture d'eau nécessaire à la condensation des machines à vapeur mises en mouvement dans les Palais de la Mécanique et de l'Électricité, ainsi que l'alimentation de la plus grande partie des bassins du Château-d'eau, dont les grandes gerbes et le bouillonnement supérieur étaient seuls desservis par les eaux à haute pression de la Ville[1];

A MM. Sulzer frères, de Winterthur (Suisse), que nous avons à citer à la fois pour leurs ventilateurs et pour leurs pompes.

Ces constructeurs, dont l'exposition de machines était considérable et fort belle, présentaient spécialement en effet, au titre de la Classe 21 :

1° Une pompe alimentaire pour chaudières;

2° Des pompes centrifuges à basse pression, de différentes grandeurs, pour refoulements jusqu'à 20 mètres;

3° Une pompe centrifuge à haute pression, de 60 litres de débit par seconde pour 100 mètres de refoulement et construite pour les pressions de 150 mètres[2];

4° Des ventilateurs à hélice, à pression de refoulement jusqu'à 70 millimètres de colonne d'eau;

5° Des ventilateurs centrifuges pour pressions jusqu'à 600 millimètres;

6° Des plans et photographies d'installations de pompes centrifuges et de ventilateurs;

A la Société Escher Wyss et Cie, de Zurich, dont les ateliers se livrent à une grande variété de travaux mécaniques, — machines motrices, compresseurs d'air, etc., — et qui soumettait notamment au Jury ses manchons élastiques d'accouplement à courroies, système Zodel, ainsi que sa belle spécialité de construction de pompes et d'installation d'usines hydrauliques et d'hydro-électricité[3];

[1] Il a été, dans la Classe 21, accordé six récompenses de collaborateurs à la Société française des pompes Worthington, savoir :

Deux médailles d'or pour M. A. Marichal et M. Eugène Milon;

Trois médailles d'argent pour M. Florimond Adam, M. Édouard Allar et M. Lucien Gosset;

Et une médaille de bronze pour M. Joseph Bonnard.

[2] Les pompes centrifuges, moyennant une construction attentivement rationnelle, sont, en effet, capables de donner de bons rendements pour des hauteurs considérables de refoulement, par action directe et sans relais, et plusieurs d'entre les exposants récompensés d'appareils divers de la mécanique générale ont très bien réussi dans cette voie, qui évoque également le souvenir des travaux fort intéressants de M. F.-I. Schabaver et de ses collaborateurs de la Société anonyme des ateliers de construction et fonderie de Castres.

[3] M. A. Aeppli, M. J. Boesch et M. F. Fuegenschuh, de la Société Escher Wyss et Cie, ont obtenu, dans la Classe 21 et à titre de collaborateurs, le premier une médaille d'or et les deux autres chacun une médaille d'argent.

A la Geo.-F. Blake Manufacturing C°, de New York, pour son remarquable système de pompes à vapeur de grande variété de types et d'emploi, et auprès desquelles il convient de mentionner les compresseurs d'air et pompes à vide de la construction spéciale de la même Compagnie [1];

A M. Ernest Bollée fils, enfin, du Mans, pour sa très intéressante fabrication de béliers hydrauliques dont il exposait :

a. Deux modèles démonstratifs, à petite échelle;

b. Un spécimen de grand module, présenté en fonctionnement et construit pour la propulsion, à une hauteur de 14 mètres, de 300,000 litres d'eau par vingt-quatre heures;

c. Un type à deux eaux de son système spécial et de grande simplicité.

M. Bollée présentait également un ingénieux système de borne-fontaine réglable suivant la pression de l'eau de puisage et à dispositif de protection contre la gelée [2].

C. — MÉDAILLES D'OR [3].

15 dont 11 pour la France, 1 pour les États-Unis, 2 pour la Hongrie et 1 pour la Suède :

La Société anonyme de Laval, de Stockholm, qui a, dans nombre de pays, des concessionnaires de brevets ou des représentants, et dont les turbines à vapeur se prêtent particulièrement à la mise en marche des appareils à très grandes vitesses, en présentait dans la Classe 21 deux intéressantes applications, savoir :

a. Une turbine-pompe d'un débit horaire de 2,880 mètres cubes, avec refoulement à une hauteur de 7 mètres;

b. Une turbine-ventilateur pour le débit de 1,600 mètres cubes par heure à une pression de 250 millimètres d'eau;

L'une comme l'autre d'encombrement et de poids réduits au regard de l'énergie qu'elles avaient à développer, et donnant ainsi l'idée des avantages industriels que permet de réaliser la remarquable invention de M. de Laval [4].

MM. A. Thirion et fils, de Paris, que nous devons citer au titre des pompes comme à celui du matériel d'incendie et des compresseurs d'air, et qui comptent effectivement ces derniers appareils au nombre des principales spécialités de leur importante fabrication, exposaient notamment une remarquable collection de machines hydrauliques élévatoires sorties de leurs ateliers et comprenant :

Plusieurs de leurs pompes à vapeur alimentaires ou élévatoires à action directe,

[1] Le Jury des appareils divers a décerné une médaille d'argent à M. F.-M. Wheeler, pour sa collaboration avec la Blake Manufacturing C°.

[2] La maison Ernest Bollée s'est vu attribuer, dans la Classe 21, les récompenses ci-après de collaborateurs :

Une médaille d'or pour M. Amédée Brulard;

Pour M. Augustin Debray, une médaille d'argent;

Et, pour M. Eugène Dorizon, une médaille de bronze.

[3] Voir la note de la page 69 ci-dessus.

[4] Voir, ci-après, la note 2 de la page 74.

à distribution par tiroir plan pour les faibles pressions et par tiroir cylindrique pour les pressions élevées;

Un spécimen, à commande électrique, de leurs pompes centrifuges à turbine équilibrée évitant les poussées sur l'arbre de rotation, et complétées, lorsqu'il en est besoin, par un appareil spécial de réamorçage;

Leur type de moteur hydraulique utilisant l'eau d'un réservoir ou l'excès de pression qui existe dans une conduite pour l'élévation de la même eau ou d'une eau différente;

Divers autres appareils, tels que : pompe à piston mue électriquement et de volume réduit, pompes « Thirion » pour la marine, et pompe locomobile pour exploitations agricoles et viticoles;

Leurs systèmes très répandus de pompes à incendie, soit à bras, soit à vapeur, à grandes facilités de manœuvre, de visite et d'entretien;

Leur type spécial, enfin, de pompe à vapeur communale, formant départ complet et pouvant être traîné par deux hommes.

MM. Crépelle et Garand (anciens établissements Le Gavrian et fils), de Lille, avaient construit, sur les plans et pour le compte de la Société française des pompes Worthington, le bel ensemble de machines élévatoires dont nous avons parlé plus haut (voir p. 72), et qui contribuait si largement au service hydraulique de l'Exposition; ils rappelaient en outre la construction faite par leurs soins de pompes Worthington compound ou à triple expansion pour les usines de la Viscourt, près Roubaix et Tourcoing, de Neuilly-sur-Marne et de Rotterdam[1].

MM. Sautter, Harlé et Cie (ancienne maison Sautter, Lemonnier et Cie), de Paris, que nous mentionnons ici au titre collectif des pompes et des ventilateurs, exposaient notamment en effet dans la Classe 21 leur construction des pompes centrifuges et ventilateurs du système Rateau, à commande électrique ou par turbines à vapeur[2], et dont ils signalaient au Jury plusieurs remarquables spécimens, tels que :

a. Pompe à axe vertical, à commande électrique et d'un débit horaire de 300 mètres cubes, pour l'alimentation d'un éjecto-condenseur de 1,200 chevaux de puissance;

[1] MM. Crépelle et Garand ont obtenu, au titre des appareils divers de la mécanique générale, cinq récompenses de collaborateurs, savoir :

Une médaille d'argent pour M. Mario-Werner Warin;

Deux médailles de bronze pour M. Ferdinand Fretin et M. Alexandre Martinache;

Et deux mentions honorables pour MM. Louis Richez et Émile Voiturier.

[2] Les turbines à vapeur, dont l'étude et la réalisation rappelle tout particulièrement les noms de l'Ingénieur des mines Tournaire (1853), de l'Ingénieur anglais Parsons (1885), de l'Ingénieur suédois de Laval (1894) et, plus récemment, de M. l'Ingénieur des mines A. Rateau, sont, en effet, — entre autres applications, — d'excellents engins de commande des ventilateurs et pompes centrifuges à haute pression; et M. Rateau l'a très spécialement démontré naguère dans une conférence à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, au cours de laquelle le savant ingénieur a donné les plus intéressants détails sur la théorie, la construction et le rendement des appareils de son invention personnelle et de l'ordre de ceux dont il est ici question.

b. Pompe pour refoulement, d'un seul jet, à 150 mètres de hauteur[1] et commandée par turbine à vapeur Rateau[2];

c. Pompes électriques de cale pour la marine;

d. Appareil de réamorçage automatique Rateau pour les pompes centrifuges;

e. Ventilateur électrique centrifuge pour 6,000 mètres cubes à l'heure;

f. Deux ventilateurs électriques hélicoïdes pour des débits horaires respectifs de 6,000 et de 40,000 mètres cubes;

g. Ventilateur, enfin, pour pressions élevées, — jusqu'à 1 kilogramme, — et commandé par turbine à vapeur Rateau[3].

Entre autres nombreuses et belles spécialités de mécanique générale et d'électricité, les ateliers Sautter-Harlé construisent aussi des pompes à piston, des compresseurs d'air et des appareils de levage à commande électrique ou à main.

M. Audemar-Guyon, de Dôle (Jura), présentait l'ensemble de son importante fabrication de pompes pour refoulement à petites et grandes hauteurs, en insistant particulièrement sur deux de ses types les plus récents d'appareils à double effet et mus par courroies : l'un pour les grands débits et les élévations jusqu'à 40 mètres; l'autre notamment applicable à la manœuvre des liquides inflammables ou de grande valeur, jusqu'à des pressions pouvant atteindre 8 kilogrammes par centimètre carré[4].

MM. L. Dumont et Cie, de Paris et Lille, dont la réputation est dès longtemps établie dans l'importante spécialité des pompes centrifuges, faisaient figurer dans leur exposition les types principaux, d'emplois très variés, de ces intéressants appareils, tels que : pompes simples ou conjuguées par groupes de deux, trois ou quatre, et pour élévations respectives jusqu'à 15, 30, 45 et 60 mètres; pompes pour liquides épais ou mélangés de matières étrangères; pompes pour usages domestiques ou petites industries; pompes pour l'élévation des vins ou acides, etc.

La Société anonyme de fonderies et constructions mécaniques « Schlick », de Budapest, présentait une grande pompe centrifuge sortie de ses ateliers, à commande par machine à vapeur compound, à visite facile, et spécialement établie en vue de travaux agricoles pour des refoulements compris entre 2 et 4 mètres de hauteur, avec débits par seconde pouvant varier eux-mêmes entre 2 et 4 mètres cubes.

MM. E. Wauquier et fils, de Lille, dont les ateliers construisent une grande variété de machines élévatoires hydrauliques, soumettaient particulièrement au Jury :

a. Une pompe centrifuge établie pour un débit de 2,500 litres par seconde à 12 mètres de hauteur et destinée au service des égouts de la ville de Copenhague;

b. Les divers genres de pompes de leur construction courante, tels que : pompes centrifuges de vitesses et débits variés et pour refoulements directs jusqu'à 50 mètres d'élé-

[1] Voir la note 2 de la page 72 ci-dessus.

[2] et [3] Voir la note 2 de la page 74 ci-contre.

[4] M. Naissant, de la maison Audemar-Guyon, s'est vu attribuer, dans la Classe 21, une médaille de bronze de collaborateur.

vation [1]; pompes à action directe de la vapeur; pompes à trois pistons plongeurs pour l'alimentation des chaudières et pour les épuisements de mines, etc.

MM. Wauquier insistaient, en outre, sur les avantages de l'emploi très étendu qu'ils font, de leurs boîtes à clapets multiples étagés, dans l'exécution des pompes qui leur sont demandées pour les grands travaux d'exhaure ou d'alimentation.

M. Stephan Röck, de Budapest, était le constructeur de la machine élévatoire verticale à triple expansion exposée dans la Section hongroise.

Cette très intéressante machine, établie par M. Röck d'après les dessins de la Compagnie Worthington de Budapest, et destinée à l'usine élévatoire d'Ujlak, avait été prévue pour un débit journalier de 27,000 mètres cubes avec refoulement à une hauteur de 74 mètres.

MM. Morane jeune et Cie, de Paris, dont le matériel spécial aux arts chimiques figurait dans la Classe 87, présentaient dans la Classe 21 leur remarquable fabrication d'outillage hydraulique, et leur exposition à cet égard contenait notamment :

Leur système de pompes, de visite et d'entretien faciles, à pistons fixes et propres à l'obtention de très hautes pressions ;

Un accumulateur de 1,000 litres de capacité, à 6 mètres de course et pour pressions de 150 kilogrammes;

Divers appareils de mise en œuvre de pressions élevées, tels que : machines et presses pour le frettage et le boîtage des roues, pour la fabrication des douilles de cartouches et pour l'emboutissage des métaux;

Plusieurs tableaux, enfin, démonstratifs de l'emploi très commode et fort souple de leurs boucliers à vérins hydrauliques indépendants et à commande électrique pour les travaux de percement du Chemin de fer métropolitain de Paris.

MM. Desmarais et Georges Morane (ancienne maison Morane aîné), de Paris, prenaient également part à l'exposition de plusieurs Classes, et leur contribution très intéressante et fort variée à la Classe 21 comprenait :

a. Une batterie de pompes horizontales à quatre corps;

b. Deux buffets à huit corps, circulaire et incliné;

c. Deux buffets, horizontal et vertical, à deux corps;

d. Une pompe à un corps et une pompe d'essais à haute pression à deux pistons concentriques ;

e. Un accumulateur et un multiplicateur hydrauliques ;

f. Trois types de presses industrielles, dont l'une horizontale à chaud et l'autre verticale à plateaux chauffés ;

g. Une presse hydraulique de laboratoire avec sa pompe ;

h. Une presse articulée de laboratoire et un type de forte presse articulée.

[1] Voir, ci-dessus, la note 2 de la page 72.

La Société anonyme des hauts-fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle), dont les produits sont si hautement appréciés, exposait sa belle fabrication de tuyaux en fonte à emboîtement et cordon, dits « universels », de raccords de conduites, et de tuyaux de grands diamètres, frettés d'acier à chaud d'après le système X. Rogé; elle figurait, de plus, dans la Classe des appareils divers de la Mécanique générale au titre de ses grands travaux de canalisation [1] pour les services d'élévation et de distribution d'eau de Seine dans l'Exposition [2].

Mme veuve Ch. Gibault (ancienne maison Ch. Gibault), de Paris, présentait une importante série de spécimens de sa fabrication de joints et pièces système Ch. Gibault pour canalisations, tels que : joint universel, robinets à clef renversée, robinets de puisage servo-moteurs, bornes-fontaines à protection contre la gelée, bouches de lavage, d'arrosage, d'incendie avec robinets spéciaux, etc.

La Crane Co, de Chicago, avait, dans son exposition de la Classe 21, d'intéressants spécimens de sa fabrication courante de raccords pour l'eau et de valves et robinets à toutes parties interchangeables.

MM. P. de Singly et Cie, de Paris, enfin (ancienne Société des tuyaux Chameroy), dont la maison ne fabriquait tout d'abord que les tuyaux Chameroy en tôle et bitume, ont étendu leurs travaux à tout ce qui concerne la tuyauterie en tôle et ses accessoires; et c'est ainsi qu'ils présentaient :

Dans la Classe 21, des tuyaux de tous systèmes pour conduites d'eau et de vapeur;

Et, dans diverses autres classes, des photographies de travaux exécutés, ainsi que des tuyaux et accessoires pour le gaz, les épuisements et irrigations, la puisaterie, la submersion des vignes, le chauffage et la ventilation, les travaux dans les colonies, etc.

D. — MÉDAILLES D'ARGENT [3].

15 pour la France, 3 pour les États-Unis, 1 pour la Hongrie et 1 pour la Suisse, soit, en tout, 20 récompenses, en raison desquelles nous devons ici une mention respective :

A la Société d'entreprise générale de distributions et de concessions d'eau, de gaz et de travaux publics (ancienne Société Fortin-Hermann et Cie), de Paris, qui présentait son intéressante fabrication de robinetterie, de bouches d'arrosage, de lavage et d'incendie, de bornes-fontaines et d'accessoires de distribution d'eau et de gaz.

Cette Société, dont l'exposition dans la Classe 29, « Modèles, plans et dessins de travaux publics », contenait les photographies et dessins de très importantes entreprises exécutées par ses soins, signalait en outre au Jury son système de compteur d'eau à bascule,

[1] Voir la note 6 de la page 70 ci-dessus.

[2] M. Gustave Baudouin et M. Émile Henry ont, l'un et l'autre, obtenu, au titre des appareils divers de la mécanique générale, une médaille d'or en leur qualité de collaborateurs de la Société des hauts-fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson.

[3] Voir la note de la page 69 ci-dessus.

son appareil spécial de télégraphie pneumatique, et son installation, dans la Classe 21, d'une série de régulateurs et moteurs fonctionnant par l'air comprimé;

A la Société anonyme de constructions mécaniques et de pompes à incendie de Budapest, pour sa fabrication de pompes de divers types et de pompes à incendie de tout genre, dont elle exposait d'intéressants spécimens.

Les travaux de cette Compagnie s'appliquent notamment aussi aux études d'entreprises hydrauliques et de canalisations, à la construction des compresseurs d'air, aux accessoires pour service d'incendie et aux fournitures d'équipement pour les sapeurs-pompiers;

A MM. Brouhot et Cie, de Vierzon (Cher), dont l'importante exposition dans la Classe 21 comprenait :

1° Deux pompes horizontales à un corps et à deux corps, à soupapes facilement visitables, et pour refoulements respectifs jusqu'à 30 mètres et au-dessus;

2° Une pompe verticale à trois corps, de visite également facile, particulièrement étudiée pour les refoulements à grande hauteur et les services d'ascenseurs, monte-charges, etc.;

3° Une pompe centrifuge.

Ces exposants signalaient, en outre, quelques pompes de divers usages présentées par eux dans les Classes 20, «Machines motrices diverses», et 36, «Matériel et procédés de la viticulture»[1];

A M. Lucien Daubron, de Paris, qui présentait une intéressante série d'appareils de sa fabrication, savoir :

Trois pompes verticales à double effet et facilement visitables, pour divers débits jusqu'à 60 mètres de hauteur;

Deux pompes, verticale et horizontale, à deux pistons plongeurs, à clapets ou boulets-clapets de visite également facile, spécialement construites pour les liquides chargés ou pâteux et pour le travail des vins;

Une pompe horizontale à double effet, pour les petites élévations d'eau;

Deux pompes rotatives, l'une à pignons, l'autre à palettes;

Et, sous forme de dessins, ses différents types de pompes pour puits profonds, ainsi que son système spécial de pompe automatique à colonne d'eau exposé en fonctionnement à la Classe 55, «Matériel et procédés des industries alimentaires»;

A M. Durey-Sohy, de Paris, pour l'ensemble de son importante fabrication de pompes, dont les types les plus récents étaient représentés dans son exposition de la Classe 21, où l'on remarquait notamment à cet égard :

a. Sa pompe à action directe de vapeur;

b. Ses pompes de puits de divers modèles selon les profondeurs et les refoulements;

[1] Il a été, dans la Classe 21, accordé une médaille de bronze à M. Camille Maréchal et une mention honorable à M. Louis Audoire, l'un comme l'autre collaborateurs de MM. Brouhot et Cie.

c. Sa pompe fixe contre le feu, à branchement sur générateur d'usine;

d. Ses pompes à incendie sur hotte, sur brouette, sur roues et à armement rapide.

M. Durey-Sohy présentait aussi son système particulier de bélier hydraulique ainsi qu'un compresseur d'air et de gaz à double effet de sa construction spéciale; et son exposition de pompes à incendie, d'autre part, était complétée par celle de ses types de clapets à visite et démontage instantanés, de postes fixe et mobile de secours contre le feu, d'avant-train de transport pour hommes et pour pompe, de dévidoir, de seaux en toile sans couture au pourtour et à fond métallique, d'échelles à crochets et à coulisses, de ceinture-amarre Baudet, de hachette Lefebvre, etc.

Cet exposant, enfin, soumettait au Jury son système de conduites d'eau en fonte, à joints caoutchouc, et signalait, de plus, sa construction de tuyaux en tôle galvanisée, de réservoirs à eau, et des divers accessoires de canalisations tels que robinets-vannes, ventouses, bouches d'arrosage, d'incendie, etc.[1];

A M. H. Jandin, de Lyon, qui, outre les deux intéressants appareils établis d'après ses plans par MM. Brulé et Cie (voir p. 69 ci-dessus), signalait son exposition personnelle d'une pompe de même système Jandin, à deux pistons à double effet et à courant continu, à moteur à action directe comme les précédentes et construite par ses soins pour un débit horaire maximum de 22 mètres cubes à des pressions pouvant atteindre 25 kilogrammes.

Cet ingénieur appelait également l'attention du Jury sur une série de machines et d'engins de son invention, et dont plusieurs se rattachaient au programme des appareils divers de la Mécanique générale : tels ses bateaux-pompes pour service d'incendie ou renflouage, appareils spéciaux de chasse et de dévasement, dragues à pompes, conduites flottantes articulées, bennes-dragues à griffes, extracteurs de déblais et élévateurs d'eau hydro-pneumatiques;

A MM. Émile Salmson et Cie, de Paris, pour leur importante exposition d'appareils hydrauliques, qui comprenait :

1° Diverses pompes centrifuges de leur construction, dont l'une commandée directement par moteur électrique à vitesses variables pour le refoulement à différentes hauteurs;

2° Une de leurs pompes à double effet, à piston plongeur L.-D. Girard, établie pour élévation à 50 mètres;

3° Un groupe de leur système d'appareils élévateurs d'eau par l'air comprimé, notamment destinés au fonctionnement des ascenseurs hydrauliques et aux installations de « tout à l'égout ».

Un groupe analogue d'élévateurs, entièrement en bronze, était en service avec de

[1] Le Jury des appareils divers de la mécanique générale a décerné les récompenses ci-après de collaborateurs à la maison Durey-Sohy :

Une médaille d'argent pour M. Julien Loisel;

Une médaille de bronze pour M. Paul Pasquet;

Et, pour MM. Baudet et G. Lefebvre, chacun une mention honorable.

l'eau de mer à l'« Aquarium », où fonctionnaient aussi deux moteurs à air comprimé à détente variable par régulateur et deux pompes centrifuges, les uns et les autres installés par MM. Salmson et Cie;

A MM. *Mazeran et Sabrou, de Paris, exposants à la fois pour les pompes et pour les chemins élévateurs, et dont nous avons indiqué plus haut (voir p. 63), l'intéressante contribution à ce double titre;

A M. F.-J. Buzelin, des Lilas (Seine), qui présentait une importante variété d'appareils hydrauliques de sa construction, tels que :

Pompes à chapelet pour élévation au niveau ou au-dessus du sol, avec, dans ce dernier cas, disposition permettant de transmettre le mouvement à l'appareil au moyen de la chaîne elle-même;

Pompes de montage facile et rapide, pour arrosage, épuisement et incendie;

Tonneau équilibré pour l'arrosage des parcs et jardins;

Pompes à piston, de visite et d'entretien aisés, dont l'une à débit variable en marche par changement de course du piston;

Pompes à bras ou au moteur pour le transvasement des vins, cidres, bières, alcools, etc.;

Pompes pour puits profonds, jusqu'à 100 mètres, ou pour grandes hauteurs de refoulement : à fixité de piston et à un, deux ou trois cylindres mobiles;

A MM. Darblay père et fils, d'Essonnes (Seine-et-Oise) et de Paris, dont l'intéressante exposition de la Classe 21 contenait, en particulier, deux pompes horizontales système Girard, à piston plongeur perfectionné, d'emploi extrêmement répandu dans les services d'élévation d'eau des villes, et construites, la première pour le débit de 50 litres par seconde à 22 mètres, et la deuxième pour le refoulement de 55 litres par minute à la hauteur de 270 mètres.

Les travaux de MM. Darblay, qui se sont appliqués, d'ailleurs, à un nombre très notable de distributions publiques d'eau, étaient également représentés par un corps de pompe et une boîte à clapets faisant partie d'un appareil considérable étudié par le regretté M. Émile Meunier, pour le débit de 300 litres par seconde à 70 mètres de hauteur, et devant entrer dans la composition du groupe de machines élévatoires de la Ville de Paris à l'usine d'Auteuil [1];

A MM. L. Dumontant et Cie [2], de Nice, pour leur importante construction de pompes, dont ils exposaient trois intéressants spécimens, savoir : un appareil circulaire horizontal, à six corps, établi pour le débit horaire à courant continu de 16 mètres cubes à 400 mètres d'élévation, et deux pompes à piston lisse à double effet, l'une et

[1] et [2] MM. Darblay père et fils, et la maison Dumontant et Cie, se sont vu attribuer dans la Classe 21 :

Les premiers, quatre récompenses de collaborateurs, savoir : une médaille de bronze pour M. Troulet et trois mentions honorables pour M. Delorme, M. Fichau et M. Prieur;

La seconde, deux mentions honorables de même nature pour M. Jules Dumontant et pour M. Jean Grelin.

l'autre à clapets équilibrés et respectivement prévues pour le refoulement de 10 et de 20 mètres cubes par heure à l'altitude de 50 mètres.

La maison Dumontant présentait en outre, dans la Classe 21, son type de filtre à huile dit « filtre capillaire » ;

A M. L. Bellot, de Paris, pour son exposition de pompe giratoire Trouvé-Bellot à double cône, pour eau propre et hauteur de refoulement variable avec la vitesse[1], et dont il établit également un modèle pour débit variable sous vitesse et hauteur de refoulement constantes, ainsi qu'un type spécial pour les eaux sales, lourdes ou pâteuses.

Il convient d'ajouter que la construction de M. Bellot s'applique, d'autre part, aux pompes à pistons pour puits profonds et tubages ;

A M. Letestu, de Paris, pour l'exposition de plusieurs spécimens de ses pompes, dont la réputation est dès longtemps acquise et qui, comme on sait, présentent une variété considérable de types et d'emplois pour les services domestique, industriel, agricole, de mines, de secours contre l'incendie, etc. ;

A M. Émile Mertz, de Bâle, dont la contribution était à la fois applicable aux pompes et aux ventilateurs, et qui exposait à ce double point de vue :

a. Plusieurs de ses pompes centrifuges et une pompe différentielle ;

b. Ses types de ventilateurs Blackman et de ventilateur hydraulique ;

c. Plusieurs spécimens, enfin, de sa pompe à pistons pour pressions élevées, particulièrement étudiée pour l'alimentation des humecteurs Mertz, dont l'action, combinée avec celle des ventilateurs, a notamment pour objet l'assainissement et l'humidification voulue des locaux industriels ;

A M. Marcel Durozoi, de Paris, pour les ingénieux appareils hydrauliques de son système et dont la série exposée au titre de la Classe 21 comprenait :

Un hydro-élévateur fonctionnant au moyen de chutes d'eau petites ou grandes ;

Un bélier hydraulique, dit « bélier normal », à renouvellement automatique de l'air dans la cloche de refoulement ;

Un bélier-pompe à piston différentiel pour l'élévation, sans mélange, d'un liquide à l'aide d'un autre liquide, d'eau de source, par exemple, au moyen d'eau chargée ;

Un compteur d'eau, enfin, et un moteur-pompe basé sur le même principe que ce compteur et pouvant fonctionner aussi bien sous la pression de l'air, de la vapeur et de l'eau.

M. Durozoi appelait, de plus, l'attention du Jury sur l'application, à plusieurs de ses machines, de son système spécial de garniture annulaire à bourrage extérieur tangentiel ;

A la Société anonyme de construction d'appareils hydrauliques et d'éclairage public

[1] Voir, ci-dessus, la note 2 de la page 72.

IMPRIMERIE NATIONALE.

(anciens établissements A. Sinson Saint-Albin et fils, successeurs de Herdevin), de Paris.

Cette Compagnie, que dirige toujours M. Sinson Saint-Albin fils, son administrateur délégué, signalait son importante spécialité de robinets-vannes, modèle et genre Ville de Paris, et de vannes à coquilles ou à corps méplat, dont elle a de nombreux numéros de 40 millimètres à 1 m. 20 d'orifice.

Elle présentait, en outre, ses ingénieux types d'indicateurs d'ouverture et de fermeture de robinets, de robinets quart-de-tour système Boursier, pour incendie, de bornes-fontaines à protection contre la gelée, et d'ajutage réglable jusqu'aux plus faibles écoulements par l'emploi de pistons à rainures capillaires ;

A M. *A. Brousset, de Nogent-sur-Marne (Seine), que nous avons déjà cité plus haut (voir p. 40) pour l'ensemble de son exposition de la Classe 21, où était représenté, entre autres appareils, un jet d'eau amplifié de son invention à trop-plein-siphon-chasse-vidange;

A la *Lunkenheimer C^e, de Cincinnati (États-Unis), dont la contribution, comme il a été dit précédemment (voir p. 40), concernait à la fois sa fabrication d'appareils de graissage et sa construction de types fort variés de valves et de robinets;

A la Walworth Manufacturing C^e, enfin, de Boston, et à la Chapman Valve Manufacturing C^e, d'Indian Orchard (États-Unis), pour leur construction respective et importante de tuyaux à eau et accessoires, et de robinets et valves d'emplois également très variés.

E. — MÉDAILLES DE BRONZE[1].

20 dont 14 pour la France, 1 pour l'Allemagne, 1 pour les États-Unis, 1 pour l'Italie, 1 pour la Roumanie et 2 pour la Suède :

MM. Carré fils aîné et Cie, de Paris, présentaient leur système de réservoirs-élévateurs à air comprimé, fonctionnant à bras, avec manège, par bélier ou par moteur quelconque, pour l'élévation et la distribution de l'eau de toutes provenances, ou bien pour régulariser et augmenter sa pression variable ou insuffisante dans les canalisations pour services domestiques, industriels, agricoles, d'hygiène publique ou privée, de secours contre l'incendie, etc.

M. Edmond Henry, de Paris également, exposait un ensemble d'appareils hydrauliques de son système, comprenant :

a. Une noria à courroie en balata et godets en tôle galvanisée, de construction économique et à fonctionnement rapide ;

b. Un élévateur par l'air comprimé pour la distribution d'eau sous pression et la constitution de réserves pour premier secours contre le feu ;

[1] Voir la note de la page 69 ci-dessus.

c. Un bouilleur spécial, dont le service complète celui de l'élévateur en permettant la distribution d'eau chaude pour la toilette et l'hydrothérapie.

La Ludlow Valve Manufacturing C°, de Troy (États-Unis), présentait sa fabrication de robinets-vannes à double disque obturateur, de clapets de retenue pour pressions élevées et d'accessoires pour pompes, tels que clapets de pied, crépines, etc.

M. J.-B. Vidal-Beaume, de Boulogne-sur-Seine, est ici mentionné pour ses travaux d'hydraulique, qui, au titre de la Classe 21, s'appliquaient notamment à la construction de béliers ainsi que de pompes de divers types et d'usages variés.

La Société anonyme des usines et fonderies de Saint-Ouen-Vendôme (Loir-et-Cher), exposait une pompe horizontale à double effet, sans bielle, et un ensemble de machines élévatoires automatiques comprenant, avec un spécimen de ses béliers hydrauliques, les modèles démonstratifs d'une balance double et d'un appareil à colonne d'eau à double effet.

M. L.-C. Girodias, de Paris, signalait l'application, aux divers types de pompes, de son système d'engrenages à rayons différentiels et à retour rapide.

MM. Mollet-Fontaine et Cie, de Lille, dont la contribution était à la fois applicable aux compresseurs d'air et aux pompes à eau, présentaient, en effet, leurs pompes centrifuges, à visite particulièrement facile pour le type de pompe-drague, leur système de pompe à chaîne pour masse cuite en sucrerie, et deux compresseurs d'air, l'un vertical et de démontage aisé, l'autre horizontal et de grande simplicité.

Leur exposition de la Classe 55, « Matériel et procédés des industries alimentaires », comprenait, d'autre part, un spécimen de pompe à air de dimensions plus considérables et à dispositif de compensation.

M. F. Bohler, de Paris, qui participait en outre à l'exposition des Classes 19, « Machines à vapeur », et 117-118, « Génie militaire et Génie maritime », faisait notamment figurer dans la Classe 21 une série d'appareils et d'engins de son système, tels qu'injecteurs d'alimentation à débit variable et réamorçage automatique, éjecteurs type tender, éjecteurs aspirants, éjecteurs pour le vide des pompes centrifuges, lances de ramonage pour les chaudières, lances de secours contre l'incendie, hydro-éjecteurs, etc.

M. Henri David, d'Orléans, qui, de plus, exposait dans la Classe 35 ses pompes et manèges pour l'agriculture, soumettait au Jury comme spécimens de sa fabrication :

a. Une pompe à balancier et parallélogramme, pour débit à hauteur, et sa pompe à chapelet du modèle à déversement surélevé ;

b. Deux pompes à trois corps, l'une aspirante et foulante, à triple vilebrequin, l'autre à axe vertical, à vilebrequin unique et pour puits profonds ;

c. Le modèle spécial de pompe à incendie créé par lui pour la Compagnie d'assurances mutuelles « l'Orléanaise ».

M. Deplechin (ancienne maison Deplechin et fils), de Lille, exposait notamment

son type de pompe à vapeur « Colibri », à fonctionnement automatique, dont il signalait la simplicité d'installation ainsi que la commodité d'application domestique ou industrielle.

M. Xavier Fafeur, de Carcassonne, présentait divers appareils de sa fabrication, tels que : pompes bi-catalanes sur pieds ou se fixant sur parois; pompe aspirante sur pieds et pompe d'applique à levier; pompe à colonne à trois pistons, de course et à vitesse réglables, et pompe « quadruple », à deux corps pourvus chacun de deux pistons, respectivement établies pour refoulements jusqu'à 40 et 100 mètres de hauteur; pompe à piston différentiel, enfin, et à grande vitesse, et pompe à double effet sur plateau à levier.

Cette ingénieur faisait en outre figurer dans la Classe 36, « Matériel et procédés de la viticulture », une série, partiellement complémentaire, de pompes fixes et transportables de sa construction[1].

MM. F. Casali et fils, de Suzzara-Mantoue (Italie), signalaient particulièrement leur exposition d'une turbine par eux étudiée pour élever l'eau à 7 mètres de hauteur.

La Compagnie générale des conduites d'eau de Bucarest présentait sa fabrication de pompes et d'accessoires de distribution d'eau.

M. F. Dyckhoff fils, de Bar-le-Duc, exposait sa construction des pompes Brackemann à pistons rotatifs et à grande vitesse, dont il indiquait la facilité de transformation immédiate en pompes de secours contre le feu.

La Société anonyme « Excelsior » pour la fabrication de machines, à Vaxholm (Suède), soumettait au Jury une pompe à vapeur de sa construction spéciale, qui s'applique également aux pompes d'incendie.

M. F. Soyer, de Paris, est ici mentionné pour sa fabrication de pompes à chapelet, dont il exposait trois types de très facile entretien, respectivement destinés aux usages domestique, public et de culture maraîchère.

M. le Marquis de Montrichard, à Montmédy (Meuse) et à Paris, avait une intéressante exposition de travaux sur l'hydraulique, comprenant ses systèmes de pompes à piston elliptique captant, et de pompes sans piston pour l'élévation de l'eau par la vapeur ou par l'air comprimé.

M. *Charles Rudolph, de Paris, présentait à la fois ses tuyaux et ses arbres flexibles, et nous avons dit plus haut (voir p. 22) sa contribution à ce double titre.

La Société anonyme des ateliers mécaniques de J. et C.-G. Bolinder, de Stockholm, signalait notamment son type de robinets automatiques pour conduites d'eau.

MM. F. Seiffert et Cie, enfin, de Berlin, soumettaient au Jury leur spécialité de construction de conduites et accessoires pour les hautes pressions.

[1] M. Étienne Bouscatier a obtenu, au titre de la Classe 21, une mention honorable pour sa collaboration avec la maison Fafeur.

F. — MENTIONS HONORABLES[1].

2 pour la France, 1 pour les États-Unis et 1 pour la Suède, soit au total 4 récompenses qui valent le rappel fait ici de leurs noms :

A la Société anonyme des appareils à réaction radiale, de Paris, au titre de ses pompes, dont elle exposait le type à éléments hélicoïdes en même temps que deux modèles de ses ventilateurs, l'un centripète et à grands volumes, l'autre à réaction radiale et à pression[2];

A MM. Allouard et Cie, de Paris également, pour leur fabrication de tuyaux métalliques flexibles d'une grande variété d'applications domestiques ou industrielles;

A M. S.-R. Dresser, de Bradford (États-Unis), pour sa construction d'accessoires divers de tuyauteries,

Et à la Société anonyme des ateliers de Sten Erikson, de Stockholm, pour sa fabrication de robinets.

G. — EXPOSANTS HORS CONCOURS OU RÉCOMPENSÉS DONT LA MENTION D'ENSEMBLE FIGURE À DES CHAPITRES AUTRES QUE LE CHAPITRE IV, ET AYANT PRÉSENTÉ LES CONTRIBUTIONS CI-APRÈS À LA CATÉGORIE DES APPAREILS ÉLÉVATOIRES, MACHINERIES ET CANALISATIONS HYDRAULIQUES[3] :

HORS CONCOURS.

Société anonyme des établissements Weyher et Richemond, à Pantin (Seine) : page 102 ci-après, chapitre VI. — Pompes à vapeur Durenne et Krebs, en usage dans le corps des sapeurs-pompiers de la Ville de Paris.

M. Reginald Czermack, à Teplitz-en-Bohême : p. 101 ci-après, ch. VI. — Accessoires de conduites d'eau, béliers hydrauliques et pompes de toute nature pour les usages domestiques, agricoles, industriels, de travaux publics et de défense contre l'incendie.

M. Édouard Bourdon, à Paris : p. 30 ci-dessus, ch. II. — Pompe d'atelier, compresseur à vis et compresseurs à haute pression pour les graduations, réglages et vérifications de manomètres.

(1) Voir la note de la page 69 ci-dessus.

(2) Il a été accordé, pour appareils divers de la mécanique générale, une mention honorable de collaborateur à M. L. de Georges, de la Société des appareils à réaction radiale.

(3) Voir les titre, sous-titre et note de la page 69.

Société générale des huiles et fournitures industrielles, à Paris : p. 32 ci-dessus, ch. II. — Joints et garnitures métalliques souples, principalement à base d'amiante pour les conduites de toutes dimensions et de toutes natures.

Société industrielle des téléphones, à Paris : p. 14 et 55 ci-dessus, ch. I et III. — Tuyaux d'aspiration et de refoulement en caoutchouc pour arrosage, brasseries, etc.; clapets, joints, etc.; tuyaux spéciaux pour essais de chaudières.

GRANDS PRIX.

Ville de Paris (Préfecture de Police) : page 102 ci-après, chapitre VI. — Pompes diverses en usage dans le régiment des sapeurs-pompiers de Paris.

Maison C.-D. Magirus, à Ulm-sur-le-Danube (Wurtemberg) : p. 103 ci-après, ch. VI. — Pompes à incendie et pompes diverses.

Société anonyme des ateliers de construction Burckhardt, à Bâle (Suisse) : p. 92 ci-après, ch. V. — Pompes système Bibus, à pistons rotatifs et rouleau distributeur.

MM. Daydé et Pillé, à Creil : p. 57 ci-dessus, ch. III. — Machineries centrales, canalisations, grues hydrauliques de chargement, cabestans hydrauliques, etc.

MÉDAILLES D'OR.

MM. Elwell et Seyrig, à la Plaine Saint-Denis (Seine) : page 93 ci-après, chapitre V. — Pompe d'épuisement à moteur électrique.

M. Léon Leverd-Drieux, à Lille : p. 18 ci-dessus, ch. I. — Clapets en cuir pour pompes, etc.

M. Jules Moisy, à Paris : p. 18 ci-dessus, ch. I. — Cuirs emboutis pour pompes et presses hydrauliques, clapets, etc.

MM. Schaeffer et Budenberg, à Magdebourg-Buckau (Allemagne) : p. 36 ci-dessus, ch. II. — Pompes, béliers, injecteurs, éjecteurs et pulsomètres; robinetterie.

M. Otto Gehrckens, à Hambourg (Allemagne) : p. 17 ci-dessus, ch. I. — Cuirs pour emboutis.

MM. Frantz Pretzel et Cie, à Berlin (Allemagne) : p. 16 ci-dessus, ch. I. — Cuirs emboutis et clapets; tuyaux en caoutchouc.

MM. Chas. A. Schieren et Cie, à New York (États-Unis) : p. 17 ci-dessus, ch. I. — Cuirs pour soupapes.

Société Merryweather et fils, limited, à Londres (Grande-Bretagne) : p. 108 ci-après, ch. VI. — Pompes à incendie, et pompe « Valiant » pour les divers travaux d'irrigation, d'approvisionnement, d'extinction du feu, etc.

Société anonyme des usines de Ludwigsberg, à Stockholm (Suède) : p. 107 ci-après, ch. VI. — Pompes de différents emplois et matériel à l'usage des sapeurs-pompiers.

MM. Ganz et Cie, à Budapest (Hongrie) : p. 61 ci-dessus, ch. III. — Pompe électrique de mines.

M. Edmond Chameroy, à Paris : p. 37 ci-dessus, ch. II. — Robinets et bornes-fontaines à suppression de coups de bélier.

Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, à Paris : p. 38 ci-dessus, ch. II. — Bornes-fontaines, robinets-vannes et robinet d'ouverture à distance.

MÉDAILLES D'ARGENT.

Compagnie parisienne de l'air comprimé : page 95 ci-après, chapitre V. — Pompe dite « Mammouth » et pulsomètre à fonctionnement par air comprimé.

M. L. Gugumus, à Nancy : p. 108 ci-après, ch. VI. — Pompe alimentaire et pompes à incendie.

M. R. Henry, à Paris : p. 39 ci-dessus, ch. II. — Robinets pour vapeur et pour eau, système Hochgesand, et pompes de circulation d'eau et d'huile.

MM. Arcis, Long et Cie, à Lyon-Villeurbanne (Rhône) : p. 21 ci-dessus, ch. I. — Clapets en cuir.

M. Ernest Masson fils, à Paris : p. 21 ci-dessus, ch. I. — Cuirs emboutis, etc.

Wagenbauanstalt und Waggonfabrik für electrische Bahnen, à Bautzen (Saxe) : p. 109 ci-après, ch. VI. — Pompes à incendie.

MM. Ad. Schwartz et Cie, à Berlin (Allemagne) : p. 20 ci-dessus, ch. I. — Articles d'usages mécaniques en cuir, caoutchouc, gutta-percha, etc.

M. F. Seltenhofer fils, à Sopron (Hongrie) : p. 109 ci-après, ch. VI. — Pompes à incendie.

MM. Ad. et J. Tretzer, à Varsovie (Russie) : p. 109 ci-après, ch. VI. — Pompes à incendie, et pompes aspirantes rotatives à volets et à rouleaux.

M. J.-U. Aebi, à Berthoud (Suisse) : p. 109 ci-après, ch. VI. — Pompes à incendie.

M. J. Ducomet, à Paris : p. 40 ci-dessus, ch. II. — Hydromètres pour l'indication à distance de la hauteur des liquides dans les réservoirs.

M. H. Daclin, à Lyon : p. 40 ci-dessus, ch. II. — Hydromètre à tube de grand parcours.

M. P. Devaux, à Lyon : p. 41 ci-dessus, ch. II. — Manomètre pour l'indication à distance du niveau de l'eau dans les réservoirs.

M. Rudolph Chillingworth, à Nuremberg (Bavière) : p. 19 ci-dessus, ch. I. — Pièces de raccord pour conduites d'eau, de gaz ou de vapeur, étirées sans soudure et de haute résistance.

Société par actions Siemens et Halske, à Berlin (Allemagne) : p. 43 ci-dessus, ch. II. — Indicateurs à distance du niveau de l'eau, et soupapes de retenue à frein hydraulique pour éviter les différences de pression ou les chocs dans les conduites de distribution.

MÉDAILLES DE BRONZE.

Société lyonnaise de mécanique et d'électricité, à Paris : page 110 ci-après, chapitre VI. — Pompes à incendie.

MM. Champenois-Rambeaux et Cie, à Cousances-aux-Forges (Meuse) : p. 23 ci-dessus, ch. I. — Roues en fer et roues mixtes en fer et bois pour pompes à bras et pompes à vapeur.

Société anonyme des anciens établissements Léon Lobet, à Verviers (Belgique) : p. 23 ci-dessus, ch. I. — Emboutis en cuir.

Fisher Governor Co, à Marshalltown (États-Unis) : p. 43 ci-dessus, ch. II. — Valves-régulateurs du mouvement des pompes à vapeur pour l'alimentation des conduites d'eau en pression constante.

Jeffrey Manufacturing Co, à Columbus (États-Unis) : p. 24 et 65 ci-dessus, ch. I et III. — Norias.

Stillwell-Bierce and Smith-Vaile Co, à Dayton (États-Unis) : p. 96 ci-après, ch. V. — Pompes à vapeur et à transmission, de divers types.

M. L. Leyendecker, à Bucarest (Roumanie) : p. 110 ci-après, ch. VI. — Pompes à incendie.

M. Gustave Branasky, à Odessa (Russie) : p. 24 ci-dessus, ch. I. — Manchettes en cuir pour presses hydrauliques et pompes.

MM. F. Casassa fils et Cie, à Pantin (Seine) et à Paris : p. 110 ci-après, ch. VI. — Raccords divers et tuyaux d'aspiration et de refoulement.

Compagnie pour l'éclairage des villes et la fabrication des compteurs et appareils divers, à Paris : p. 46 ci-dessus, ch. II. — Assortiment de modèles de robinetterie pour l'eau.

M. Emmanuel Simoneton, au Raincy (Seine-et-Oise) et à Paris: p. 110 ci-après, ch. VI. — Tuyaux en toile ou en toile caoutchoutée intérieurement pour conduites d'eau sous pressions variées.

Ashton Valve Co, à Boston (États-Unis) : p. 45 ci-dessus, ch. II. — Soupapes de sûreté pour les canalisations et les appareils hydrauliques.

M. H. Wernecke, à Staefa (Suisse) : p. 23 ci-dessus et 110 ci-après, ch. I et VI. — Tuyaux en chanvre écru pour la résistance aux pressions élevées.

MENTIONS HONORABLES.

MM. Caillette et Narçon, à Paris : page 111 ci-après, chapitre VI. — Raccords divers pour pompes, pièces de retenue, etc.

M. Hans Reisert, à Cologne (Allemagne) : p. 47 ci-dessus, ch. II. — Injecteurs, éjecteurs, robinets et soupapes.

Locke Regulator C°, à Salem (États-Unis) : p. 47 ci-dessus, ch. II. — Soupapes régulatrices du mouvement des pompes.

MM. Rossel-Wetzel et fils, à Sochaux (Doubs) : p. 25 ci-dessus, ch. I. — Cuirs emboutis et applications diverses du cuir à la Mécanique.

Telles étaient, avec celles qui sont mentionnées sous les rubriques A à F du présent Chapitre, les principales contributions ayant trait à la catégorie des Appareils et machineries hydrauliques, et présentées dans la Classe 21 par 127 d'entre les exposants hors concours ou récompensés de cette même Classe, savoir :

France	78	Italie	1
Belgique	1	Roumanie	2
Allemagne	10	Russie	2
Autriche	1	Suède	5
États-Unis	14	Suisse	6
Grande-Bretagne	2		
Hongrie	5	Total égal	127

Quant aux objets nombreux et très variés constituant cet ensemble de contributions, ils se subdivisaient sommairement, ainsi qu'on a pu le voir [1], en appareils élévatoires [2], machinerie hydraulique [3], canalisations d'eau et accessoires, et l'énumération ou l'appréciation que nous en avons données suivant les cas permettent de se rendre compte des efforts faits dans les différents pays pour assurer le progrès et le développement de cette branche des appareils divers de la Mécanique générale.

Il convient de rappeler, en outre, qu'à l'une ou à l'autre de ces trois subdivisions se rattachaient plus ou moins directement plusieurs d'entre les objets explicitement visés au programme des Classes 19, 20, 28, 29, 32, 33, 35, 37, 43, 63, 64, 87 et 111 [4].

[1] Et comme il est du reste indiqué en détail et par nation, — pages 142 et suivantes, — à l'Annexe n° II de ce Rapport.

[2] Pompes et norias. — Injecteurs, éjecteurs et pulsomètres. — Béliers, hydro-élévateurs, etc.

[3] Presses hydrauliques et accumulateurs. — Multiplicateurs et réducteurs de pression. — Distributeurs d'eau comprimée, appareils à pression d'eau, etc.

[4] Le programme officiel des ces Classes comprenait en effet, entre autres articles :

Classe 19. *Machines à vapeur.* — Appareils d'alimentation. Condensation;

Classe 20. *Machines motrices diverses.* — Machines à colonne d'eau;

Classe 28. *Matériaux, matériel et procédés du génie civil.* — Matériel et procédés des distributions d'eau;

Classe 29. *Modèles, plans et dessins de travaux publics.* — Navigation intérieure : usines élévatoires. Travaux d'alimentation en eau et d'assainissement des villes;

Classe 32. *Matériel des chemins de fer et tramways.* — Chemins de fer à voie normale ou à voie étroite, superstructure : alimentation d'eau;

Classe 33. *Matériel de la navigation de commerce.* — Accessoires des appareils moteurs des navires et bateaux : pompes diverses;

Classe 35. *Matériel et procédés des exploitations rurales.* — Desséchements, irrigations. Pompes;

ou bien mentionnés de manière générale dans les attributions de quelques-unes des Classes 6, 10, 12, 13, 19, 20, 27, 28, 29, 32, 33, 36, 63, 64, 65, 73, 88, 114, 116, 117 et 118 [1], et nous ne saurions trop, à ce double égard, engager le lecteur à se référer, à titre de très utile complément, aux indications contenues en ce qui les concerne dans les Rapports correspondants du Jury international.

NOTE ADDITIONNELLE AUX CHAPITRES III ET IV.

Par analogie avec ce qui a été fait plus haut, à la page 51 de ce Rapport, nous donnons ici, avec les indications de même ordre et en nous excusant sur le même motif, trois mentions qui auraient dû respectivement figurer aux pages 67, 86 et 87 ci-dessus, savoir :

1° Pour le Chapitre III et comme mention honorable :

M. Robert Suter, à Thayngen (Suisse): page 25, chapitre I. — Courroies pour monte-charges;

2° Pour le chapitre IV et comme grand prix :

M. Charles Cavelier de Mocomble, à Paris : p. 53 et 58, ch. III. — Injecteurs et éjecteurs, appareils à jets de vapeur, d'air et d'eau sous pression;

3° Pour le même Chapitre et comme médaille d'or :

M. Jules Richard, à Paris, p. 36, ch. II. — Hydromètres indicateurs à distance.

De plus, comme un grand nombre d'entre les appareils de levage exposés en 1900 au titre de la Classe 21 ont contribué aux travaux de manutention dans les Palais et dépendances de l'Exposition universelle ou à leurs abords, que, d'autre part, les engins de transport présentés dans la même Classe se trouvaient être presque tous à la disposition du public, il nous paraît utile de rappeler ou de mentionner ici que les principaux appareils ainsi utilisés étaient : pour la manœuvre des fardeaux, les grues et ponts-roulants de divers types et de puissance échelonnée jusqu'à 45 tonnes dont il a été question aux pages 16, 22, 35, 54, 55, 57 à 59, 61, 63 et 65 ci-dessus lors de la mention d'ensemble de l'exposition de leurs constructeurs; et, pour le transport des personnes, la plate-forme mobile dite «Trottoir roulant», ainsi que les rampes mobiles, tapis roulants, chemins élévateurs, escalier à mouvement continu et ascenseurs dont il a été parlé aux pages 12, 35, 54 à 56, 58 à 60, et 62 à 65 du présent Rapport.

Classe 37. *Matériel et procédés des industries agricoles.* — Huileries;

Classe 43. *Matériel et procédés de l'horticulture et de l'arboriculture.* — Appareils d'arrosage. Jets d'eau;

Classe 63. *Exploitation des mines, minières et carrières.* — Machines et pompes d'épuisement. Outillage spécial d'exploitation des mines de sel, des gîtes pétrolifères, etc. Appareils à agglomérer les combustibles;

Classe 64. *Grosse métallurgie.* — Presses à forger;

Classe 87. *Arts chimiques et pharmacie : matériel, procédés et produits.* — Matériel des fabriques de bougies;

Classe 111. *Hygiène.* — Travaux d'amenée d'eau dans les villes;

[1] Voir la note 1 de la page 28 ci-dessus.

CHAPITRE V.

APPAREILS POUR LA COMPRESSION ET LA RARÉFACTION DE L'AIR ET DES GAZ, VENTILATRURS, ET MACHINERIES À AIR COMPRIMÉ OU RARÉFIÉ[1].

Ventilateurs et souffleurs. — Compresseurs et raréfacteurs. — Canalisations d'air, etc., et accessoires. Appareils pneumatiques et transmissions de puissance par le vide ou par l'air comprimé.

A. — EXPOSANTS HORS CONCOURS.

3 dont 2 pour la France et 1 pour la Grande-Bretagne, savoir :

La *Société des Ingénieurs civils de France, à Paris, mentionnée ici comme aux Chapitres antérieurs (voir p. 9, 29, 53 et 69) eu égard à la grande variété d'applications de ses travaux;

MM. Delaunay-Belleville et Cie, à Saint-Denis (Seine), — M. Louis Delaunay-Belleville, directeur général de l'exploitation, vice-président du Comité des directeurs de

[1] L'ordre adopté dans chacune des listes qui vont suivre a été déduit, autant que possible, de la correspondance entre les objets présentés par les exposants et la nomenclature de principe figurant en sous-titre à cette page même.

D'autre part, comme un certain nombre d'objets du ressort de ce Chapitre rentraient également dans les attributions d'autres classes que celle des appareils divers de la mécanique générale, nous donnons en complément de référence l'indication des principales d'entre ces classes, avec, pour chacune d'elles, un ou plusieurs extraits spéciaux et correspondants de son programme officiel, savoir :

Classe 19. *Machines à vapeur.* — Canalisations de vapeur; joints; robinetterie, tuyauterie.

Classe 28. *Matériaux, matériel et procédés du génie civil.* — Matériel et procédés des travaux de fondations : appareils pneumatiques. Matériel et procédés de la télégraphie pneumatique.

Classe 29. *Modèles, plans et dessins de travaux publics.* — Réseaux de télégraphie à l'air comprimé.

Classe 32. *Matériel des chemins de fer et tramways.* — Chemins de fer à voie normale ou à voie étroite, matériel et traction : freins continus. Tramways : appareils de freinage; appareils producteurs de travail emmagasiné (air comprimé, etc.).

Classe 33. *Matériel de la navigation de commerce.* — Armement : appareils de ventilation.

Classe 55. *Matériel et procédés des industries alimentaires.* — Machines et appareils frigorifiques.

Classe 63. *Exploitation des mines, minières et carrières.* — Installations pour la compression de l'air. Appareils et procédés d'aérage; ventilateurs.

Classe 64. *Grosse métallurgie.* — Souffleries.

Classe 73. *Cristaux, verrerie.* — Appareils de soufflage.

Classe 74. *Appareils et procédés du chauffage et de la ventilation.* — Ventilateurs et déplaceurs d'air.

Classe 87. *Arts chimiques et pharmacie : matériel, procédés et produits.* — Appareils et procédés pour la compression des gaz.

Classe 111. *Hygiène.* — Application des règles de l'hygiène aux procédés de ventilation.

N. B. — Voir aussi, mais pour partie seulement, à la fin de la note des pages 9 et 10, la liste des références d'ordre général ou bien communes à plusieurs catégories de la Classe 21.

l'Exposition, — qui présentaient, avec sa machine motrice [1], un ventilateur du débit horaire de 20,000 mètres cubes [2],

Et la *Société Thwaites frères, limited, à Bradford (Grande-Bretagne),—M. William Hanning, représentant de la Société, membre suppléant du Jury de la Classe 20, «Machines motrices diverses», — qui, comme on l'a vu plus haut (page 70), exposait une pompe et un ventilateur de sa construction, ce dernier du système Roots à lubrication automatique et commandé par machine-pilon à vapeur.

B. — GRANDS PRIX [3].

3 dont 2 pour la Suisse et 1 pour les États-Unis :

La Batcheller Pneumatic Tube C°, de New York City, exposait en effet sa construction d'appareillage et de tuyaux, système B.-C. Batcheller, pour la transmission pneumatique de la correspondance et des marchandises, en présentant d'ailleurs ce remarquable système de manière très démonstrative et avec tous les détails fort ingénieux qu'il comporte, notamment au point de vue des dimensions et de l'établissement de ses conduites à air comprimé suivant les divers cas d'exploitation, comme à celui de ses appareils de compression et d'envoi, de ses porteurs à fréquence de circulation très commodément réglable, et de ses récepteurs de différents types selon la nature et l'éloignement des stations desservies.

Quant à la Société anonyme des ateliers de construction Burckhardt, de Bâle, sa participation aux appareils divers de la Mécanique générale était considérable et comprenait :

a. Un compresseur d'air en cascades, système Weiss, commandé par machine à vapeur compound, pour l'aspiration de 55 mètres cubes d'air par minute et leur refoulement en deux périodes sur 1 kilogr. 6 et 6 kilogrammes de pression effective ;

b. Deux compresseurs d'air, à moteur direct, système Burckhardt et Weiss, pour l'aspiration respective et par minute de 9 m. c. 2 et de 12 m. c. 2 ;

c. Du système Burckhardt et Weiss également, une pompe à faire le vide, à moteur direct, un compresseur de gaz en cascades, actionné par courroie et à serpentin réfrigérant, pour 16 kilogrammes de pression utile, et un compresseur d'air à moteur électrique, aspirant comme la pompe à vide 6 m. c. 1 par minute ;

Ce bel ensemble étant d'ailleurs complété par deux pompes, système Bibus, à pistons

[1] Les moteurs Belleville à enveloppe protectrice et à grande vitesse sont, comme on le sait, de démontage et de visite faciles; leur graissage est automatique, continu et à haute pression, et leur faible encombrement au regard de leur puissance les rend particulièrement avantageux pour la commande directe des dynamos, ventilateurs, pompes centrifuges et, en général, de tous les appareils à rotation rapide.

[2] M. Frédéric Fossard s'est vu décerner, dans la Classe 21, une médaille de bronze en sa qualité de collaborateur de la maison Delaunay-Belleville et Cie.

[3] Voir, ci-dessus, la note de la page 91.

rotatifs et rouleau distributeur, étudiées pour les débits par minute de 200 et 7,500 litres de liquide.

Enfin, et ainsi qu'on l'a vu précédemment (page 72), MM. *Sulzer frères, de Winterthur (Suisse), prenaient part à l'exposition de la Classe 21 au double titre de leur remarquable construction de pompes et de ventilateurs.

C. — MÉDAILLES D'OR[1].

3 pour la France, 2 pour les États-Unis et 1 pour la Suède, soit au total, 6 récompenses en raison desquelles nous devons ici une mention respective :

A MM. *A. Thirion et fils, de Paris, dont la contribution s'appliquait à la fois aux pompes, aux compresseurs et au matériel de défense contre l'incendie, comme il a été dit (voir p. 73) lors de la mention d'ensemble de la belle exposition de ces constructeurs;

A l'Ingersoll-Sergeant Drill C°, de New York, qui présentait les remarquables compresseurs d'air qu'elle établit en types très variés, — tels ses « compound à vapeur directe », ses « ligne droite » et ses « Corliss compound en croix », — à réglage automatique de pression et pour les usages domestiques et industriels les plus divers;

A MM. Elwell et Seyrig, de la Plaine Saint-Denis (Seine), pour leur très intéressante construction de compresseurs d'air à haute pression, dont ils exposaient plusieurs types à débits horaires respectifs de 225, 500 et 750 litres, particulièrement applicables aux services de vaisseaux et de torpilleurs et figurant à cet égard au Palais des Armées de terre et de mer, où ces ingénieurs présentaient également un spécimen de leurs pompes d'épuisement à moteur électrique;

A la Rand Drill C°, de New York, pour l'importante fabrication de compresseurs Rand, qu'elle pratique en modèles variés, — notamment à commande par vapeur, par eau ou par courroie, — à réglage de la pression de l'air ou du gaz débités et avec leurs divers accessoires immédiats de montage et d'utilisation;

A MM. *Sautter, Harlé et Cie (anciens établissements Sautter et Lemonnier), de Paris, qui construisent également des compresseurs d'air, et dont nous avons mentionné précédemment (voir p. 74) la remarquable contribution au titre des ventilateurs et des pompes;

A la Société anonyme « Centrator », enfin, de Stockholm, dont les ventilateurs et souffleurs sont l'une des nombreuses applications auxquelles se prête l'ingénieux système de mouvement dit « Centrator » pour l'augmentation aussi bien que pour la réduction des vitesses de rotation des moteurs ou des machines opératoires.

[1] Voir, ci-dessus, la note de la page 91.

D. — MÉDAILLES D'ARGENT[1].

5 dont 3 pour la France, 1 pour la Grande-Bretagne et 1 pour la Suisse :

M. Maurice Douane, de Paris, exposait dans la Classe 21 deux séries de ses intéressants appareils à comprimer l'air, savoir :

a. Pour les pressions inférieures à 1 kilogr. 5 par centimètre carré, un appareil à simple effet pouvant aspirer 180 mètres cubes à l'heure;

b. Pour les pressions unitaires n'excédant pas 12 kilogrammes, un compresseur portatif mû à bras, et plusieurs appareils à simple effet pour l'aspiration horaire respective de 6 m. c. 5 et 125 mètres cubes.

M. Douane, qui étudiait au moment de l'Exposition deux nouvelles séries de compresseurs pour pressions élevées, présentait, de même, dans la Classe des appareils divers de la Mécanique générale un compresseur à garniture liquide, du type de ses appareils pour machines à glace, pour le travail des gaz autres que l'air et d'un prix plus ou moins élevé de fabrication; et l'on pouvait, d'autre part, voir également un certain nombre d'applications de ses appareils dans les Classes 55, « Matériel et procédés des industries alimentaires », 121, « Hygiène et matériel sanitaire », 37, « Matériel et procédés des industries agricoles », 114, « Matériel colonial », et 20, « Machines motrices diverses ».

M. Emmanuel Farcot fils (ancienne maison E.-D. Farcot et fils), de la Plaine Saint-Denis (Seine) et de Paris, exposait dans la Classe 21, comme spécimens de ses intéressants ventilateurs :

1° En ce qui concerne les grandes souffleries, un appareil à trois turbines pour le débit de 500 litres d'air par seconde aux pressions de 1, 2 et 2 m. 5 d'eau;

2° Pour les services de mines et de carrières, un ventilateur hydraulique portatif, avec moteur Escher Wyss genre Pelton, et un ventilateur avec machine motrice à air comprimé, l'un et l'autre à commande directe et pour débits respectifs, à pressions variables, de 200 et de 500 litres par seconde;

3° Pour usages de fonderies, forges et fours, un ventilateur de 1 mètre de diamètre, à œillard 1/4, et deux appareils de 0 m. 600, l'un à œillard 1/4 et l'autre à œillard 1/2.

M. Farcot signalait en outre au Jury diverses applications ou expositions de ses appareils au Pavillon du Gaz et aux Palais de l'Agriculture et de l'Alimentation[2], ainsi qu'aux Classes 55, « Matériel et procédés des industries alimentaires », 63, « Exploitation des mines, minières et carrières », et 74, « Appareils et procédés du chauffage et de la ventilation ». — A la Classe 63 en particulier figuraient plusieurs de ses ventilateurs de

[1] Voir, ci-dessus, la note de la page 91.

[2] La ventilation de ces deux Palais était en effet assurée, concurremment avec seize déplaceurs Huglo (voir ci-après, p. 96), par quatre appareils Farcot à commande électrique et pouvant refouler chacun 54,000 mètres cubes à l'heure, sous une pression de 0 m. 07 d'eau.

mines, dont l'un, à moteur électrique et pouvant aussi travailler au refoulement, était susceptible d'aspirer de 25 à 30 mètres cubes d'air par seconde sous une dépression de 60 à 100 millimètres d'eau.

M. *Émile Mertz, de Bâle, se présentait, comme il a été dit plus haut (voir p. 81), au double titre des pompes et des ventilateurs.

La mention faite ici de la Compagnie parisienne de l'air comprimé lui est applicable au titre de la machinerie à air, que son exposition de la Classe 21 représentait de manière intéressante :

D'un côté, par une pompe dite « Mammouth » et un pulsomètre à fonctionnement par air comprimé;

De l'autre, par les types de compteurs d'air du genre anémomètre et de joints dits « joints Gibault », en service sur les canalisations de la Compagnie;

Par deux vues, enfin, de sa belle usine du quai de la Gare dont chacun des quatre groupes de machines soufflantes a été étudié pour la compression possible, à 8 kilogrammes effectifs, de 22,000 kilogrammes d'air par heure.

La Compagnie parisienne appelait également l'attention du Jury sur l'importance de son réseau, qui avait, au moment de l'Exposition[1], un développement de 160 kilomètres pour l'alimentation de 840 moteurs d'une puissance totale de 1,700 chevaux, de 700 ascenseurs, de 8,000 pendules et de 250 installations diverses telles que : pompes « Mammouth[2] », sableuses[3], élévateurs de liquides, soufflage de chalumeaux, etc.[4].

MM. Samuelson et Cie, limited, enfin, de Banbury (Grande-Bretagne), présentaient leur construction de ventilateurs Roots, dont ils exposaient des exemplaires à double poulie de commande, ainsi qu'un spécimen à bras adapté à une forge, les uns comme les autres entièrement en fer et construits pour pressions jusqu'à 0 kilogr. 700 par centimètre carré[5].

[1] Indépendamment du réseau de distribution d'air comprimé installé par ses soins pour le service de l'Exposition et compris dans l'ensemble des canalisations visées par la note 6 de la page 70 ci-dessus.

[2] Tout spécialement celles des grands magasins du Louvre et de l'usine du faubourg Montmartre de la Compagnie continentale Edison, qui assurent chacune le débit considérable de 1,500 litres d'eau par minute.

Cet ingénieux système de pompe, qui fonctionne par immersion et que caractérise l'absence de parties mobiles ou frottantes telles que valves, pistons, garnitures, etc., est d'une application très commode en général, et donne particulièrement aussi de bons résultats dans les salines, où l'on dispose de puits profonds sous nappe.

[3] Les appareils de ce genre, dits également machines à jet de sable, sont, en particulier, avantageusement applicables au nettoyage des objets coulés sortant de fonderie, à certaines opérations de décapage de grandes pièces métalliques, et à divers travaux d'exécution coûteuse ou longue à l'aide des anciens procédés, tels que celui de l'acide pour le dépolissage ou la gravure du verre, et l'attaque à la pointe ou au ciseau pour la taille ou la décoration des pierres.

[4] La Compagnie parisienne de l'air comprimé a obtenu, pour les appareils divers de la mécanique générale, les trois récompenses ci-après de collaborateurs :

Pour M. Massabieaux, une médaille d'argent;

Une médaille de bronze pour M. Paul Mayer:

Et une mention honorable pour M. Charles Gevin.

[5] Il a été, au même titre, attribué une mention honorable à M. Hughes Cunningham, collaborateur de la maison Samuelson et Cie.

E. — MÉDAILLES DE BRONZE[1].

6 pour la France, 1 pour l'Allemagne et 1 pour les États-Unis, soit en tout 8 récompenses qui valent le rappel fait ici de leurs noms :

A MM. Barbier et Vivez (ancienne maison A. Enfer jeune), de Paris, pour leurs appareils en général très économiques et dont ils exposaient :

a. En ce qui concerne les engins à pression : un compresseur d'applications courantes très variées, pour tensions inférieures à 10 mètres de hauteur d'eau, et un compresseur de construction plus mécanique pour pressions jusqu'à 10 atmosphères;

b. Pour les ventilateurs : trois appareils usuels à force centrifuge pour la forge; deux ventilateurs à deux turbines conjuguées sur le même arbre, marchant en cascade et dits « Maxima Minima » (forte pression sous faible vitesse); un appareil en cascade enfin à turbines multiples, de volume très réduit et pour pressions élevées;

A MM. *Mollet-Fontaine et Cie, de Lille, qui se présentaient, comme on a vu précédemment (page 83), au titre collectif des compresseurs d'air et des pompes à eau ;

A la Stillwell-Bierce and Smith-Vaile Co, de Dayton (États-Unis), qui soumettait notamment au Jury son intéressante construction de compresseurs d'air et dont la spécialité s'applique aussi à la fabrication des pompes à vapeur et à transmission de divers types ;

A M. V. Huglo, de Lille, pour ses ventilateurs hélicoïdes, robustes et légers, à moteurs électriques spéciaux, de vitesse à volonté réglable par rhéostats suivant les besoins de la température et qui contribuaient à la ventilation de plusieurs d'entre les Palais de l'Exposition[2];

A M. Louis Prat, de Paris, qui présentait son système de ventilation et de tirage mécanique par transformateur de pression, sans contact du ventilateur avec les gaz chauds, poussières ou vapeurs acides à entraîner;

A M. Éd. Thirion, de Bar-le-Duc, pour sa construction de ventilateurs à ailettes et

[1] Voir, ci-dessus, la note de la page 91.

[2] Comme on l'a vu plus haut (note 2 de la page 94), la ventilation des Palais de l'Agriculture et de l'Alimentation était réalisée, concurremment avec quatre appareils E. Farcot fils, par seize déplaceurs Huglo capables d'insuffler chacun 18,000 mètres cubes par heure sous la pression de 0 m. 01 d'eau.

Quatorze appareils de même type et de même puissance que ces derniers assuraient d'autre part le renouvellement de l'air des Palais de la Mécanique et de l'Électricité ainsi que des halls des Groupes électrogènes.

Il convient d'ajouter en complément de ces indications que la Salle des Fêtes était ventilée par six appareils soufflants établis par deux constructeurs, MM. Leroy et Cie et M. Fouché, l'un et l'autre titulaires d'une médaille d'or dans la Classe 74, *Appareils et procédés du chauffage et de la ventilation*, et qui avaient monté, pour cet important service : le premier, quatre ventilateurs ordinaires, mus électriquement et susceptibles de débiter chacun 65,000 mètres cubes à l'heure sous une pression de 0 m. 07 d'eau; le second, deux ventilateurs munis de réfrigérants, à moteur électrique comme les appareils Leroy, et capables de refouler chacun par heure 25,200 mètres cubes d'air convenablement rafraîchi.

à enveloppe mobile, dits « Ouragans », établis d'après le système de la Société « Orkan », de Vienne (Autriche), pour les divers besoins d'aération, de séchage et de ventilation;

A M. *Charles Rudolph, de Paris, qui, comme il a été dit plus haut (voir p. 22 et 84), exposait à la fois ses tuyaux et ses arbres flexibles;

A MM. *F. Seiffert et Cie, enfin, de Berlin, dont nous avons dit précédemment (voir p. 84) la spécialité de construction de conduites et accessoires pour les hautes pressions.

F. — MENTIONS HONORABLES [1].

6 dont 4 pour la France et 2 pour les États-Unis :

La Christensen Engineering Co, de Milwaukee (États-Unis), présentait ses machines portatives et automatiques à comprimer l'air.

De leur côté, MM. Monnet et Moyne, de Paris, soumettaient au Jury leurs types de ventilateurs hydrauliques « Excelsior », de ventilateur électrique hélicoïdal centrifuge, et d'injecteurs pulvérisateurs d'eau pour les compresseurs d'air.

La *Société anonyme des appareils à réaction radiale, de Paris également, exposait à la fois, ainsi qu'on a vu précédemment (page 85), au titre des pompes et des ventilateurs.

M. Hébert, de Paris, présentait ses ventilateurs portatifs ou fixes, aspirants ou soufflants, et son ventilateur à branloire tournante, les uns comme les autres à ailes droites en V et à transmission de mouvement par chaîne Vaucanson, avec galet tendeur à ressort et sur roue à dentures partielles diamétralement opposées.

Les expositions, enfin, de MM. *Allouard et Cie, de Paris, et de M. *S.-R. Dresser, de Bradford (États-Unis), s'appliquaient, comme il a été dit ci-dessus (voir p. 85), pour les premiers à la fabrication de leurs tuyaux métalliques flexibles de très grande variété d'emplois, particulièrement pour l'air et l'eau jusqu'à des pressions élevées, et, pour le second, à sa construction d'accessoires de divers genres de tuyauteries.

G. — EXPOSANTS HORS CONCOURS OU RÉCOMPENSÉS DONT LA MENTION D'ENSEMBLE FIGURE À DES CHAPITRES AUTRES QUE LE CHAPITRE V, ET AYANT AUSSI PRÉSENTÉ LES CONTRIBUTIONS CI-APRÈS À LA CATÉGORIE DES APPAREILS ET MACHINERIES À AIR [2] :

HORS CONCOURS.

Société anonyme des établissements Weyher et Richemond, à Pantin (Seine) : page 102 ci-après, chapitre VI. — Compresseur d'air et ventilateur hydraulique système Krebs.

[1] Voir, ci-dessus, la note de la page 91. — [2] Voir les titre, sous-titre et note de la page 91 ci-dessus.

IMPRIMERIE NATIONALE.

M. Jules Le Blanc, à Paris : p. 54 et 70 ci-dessus, ch. III et IV. — Joints caoutchouc et acier, du système Gibault-Le Blanc, pour adductions et conduites d'eau, de gaz et d'air comprimé.

MM. Muller et Roger, à Paris : p. 31 et 70 ci-dessus, ch. II et IV. — Pompes et robinetterie [1].

Société générale des huiles et fournitures industrielles, à Paris : p. 32 ci-dessus, ch. II. — Joints et garnitures métalliques souples, principalement à base d'amiante pour les conduites de toutes dimensions et de toutes natures.

Société industrielle des téléphones, à Paris : p. 14 et 55 ci-dessus, ch. I et III. — Tuyaux en caoutchouc pour perforatrices et freins; joints, rondelles, etc.

GRANDS PRIX.

Geo.-F. Blake Manufacturing C°, à New York : page 73 ci-dessus, ch. IV. — Compresseurs d'air et pompes à vide.

MM. Roux, Combaluzier et Cie, à Paris : p. 59 ci-dessus, ch. III. — Ascenseurs hydrauliques à alimentation d'eau par entremise de pression d'air.

MÉDAILLES D'OR.

MM. Schaeffer et Budenberg, à Magdebourg-Buckau (Allemagne) : page 36 ci-dessus, chapitre II. — Ventilateurs aspirants et soufflants; robinetterie.

Société anonyme de Laval, à Stockholm (Suède) : p. 73 ci-dessus, ch. IV. — Turbine-ventilateur pour le débit de 1,600 mètres cubes par heure à une pression de 250 millimètres d'eau.

Société anonyme des usines de Ludwigsberg, à Stockholm (Suède) : p. 107 ci-après, ch. VI. — Compresseurs d'air et d'autres gaz.

Mme veuve Ch. Gibault, à Paris : p. 77 ci-dessus, ch. IV. — Joint universel Ch. Gibault pour canalisations.

MM. P. de Singly et Cie, à Paris : p. 77 ci-dessus, ch. IV. — Conduites diverses; tuyaux et accessoires pour le chauffage et la ventilation.

MÉDAILLES D'ARGENT.

Société par actions Siemens et Halske, à Berlin (Allemagne) : page 43 ci-dessus, chapitre II. — Ventilateurs électriques.

[1] Le programme de la Classe 21 comprenait, comme on le sait (voir p. 5), la transmission à distance et la distribution de la puissance par l'eau, l'air, le vide ou la vapeur : il convient donc, à ce dernier point de vue, de rappeler qu'à la suite d'un concours entre les constructeurs spécialistes français, MM. Muller et Roger (voir p. 31) avaient été chargés, — avec MM. Mathot, de Rœux-les-Arras, et Supervielle et Pellier, de Paris, — des fourniture, installation, entretien et service journalier des canalisations et pièces accessoires destinées à la distribution et aux échappements de vapeur du Service de la force motrice dans les Palais du Champ de Mars et faisant partie de l'ensemble des conduites ci-dessus énumérées en note 6 de la page 70.

Société Mather et Platt, limited (Section Dowson, Taylor et Cie), à Londres (Grande-Bretagne) : p. 108 ci-après, ch. VI. — Appareil « Vortex » pour humidification et ventilation simultanées.

M. Durey-Sohy, à Paris : p. 78 ci-dessus, ch. IV. — Compresseur d'air et de gaz à double effet.

Société anonyme de constructions mécaniques et de pompes à incendie de Budapest (Hongrie) : p. 78 ci-dessus et 108 ci-après, ch. IV et VI. — Compresseurs d'air.

M. R. Henry, à Paris : p. 39 ci-dessus, ch. II. — Robinet système Hochgesand pour fluides divers.

M. Rudolph Chillingworth, à Nuremberg (Bavière) : p. 19 ci-dessus, ch. I. — Pièces de raccord pour conduites d'eau, de gaz ou de vapeur, étirées sans soudure et de haute résistance.

MM. Ad. Schwartz et Cie, à Berlin (Allemagne) : p. 20 ci-dessus, ch. I. — Articles d'usages mécaniques en cuir, caoutchouc, amiante et gutta-percha.

M. Marcel Durozoi, à Paris : p. 81 ci-dessus, ch. IV. — Moteur-pompe pouvant fonctionner aussi bien sous la pression de l'air, de la vapeur et de l'eau.

M. Auguste Geslin, à Paris : p. 64 ci-dessus, ch. III. — Ascenseurs et monte-charges hydro-pneumatiques.

M. H. Jandin, à Lyon : p. 79 ci-dessus, ch. IV. — Extracteurs de déblais et élévateurs d'eau hydro-pneumatiques.

MM. Émile Salmson et Cie, à Paris : p. 79 ci-dessus, ch. IV. — Appareils élévateurs d'eau par l'air comprimé.

Société d'entreprise générale de distributions et de concessions d'eau, de gaz et de travaux publics, à Paris : p. 77 ci-dessus, ch. IV. — Appareil de télégraphie pneumatique; moteurs et régulateurs à fonctionnement par air comprimé.

MÉDAILLES DE BRONZE.

M. Emmanuel Simoneton, au Raincy (Seine-et-Oise) et à Paris : page 110 ci-après, chapitre VI. — Tuyaux en toile ou en toile caoutchoutée intérieurement pour conduites d'air sous pressions variées.

MM. Carré fils aîné et Cie, à Paris : p. 82 ci-dessus, ch. IV. — Réservoirs-élévateurs par le moyen d'air comprimé.

M. Edmond Henry, à Paris : p. 82 ci-dessus, ch. IV. — Élévateur d'eau par l'air comprimé.

M. le Marquis de Montrichard, à Montmédy (Meuse) et à Paris : p. 84 ci-dessus, ch. IV. — Pompes sans piston pour l'élévation de l'eau par la vapeur ou par l'air comprimé.

M. H. Wernecke, à Staefa (Suisse) : p. 23 ci-dessus et 110 ci-après, ch. I et VI. — Tuyaux en chanvre écru pour résistance aux pressions élevées.

C. F. E.

Telles étaient, avec celles qui sont mentionnées sous les rubriques A à F du présent Chapitre, les principales contributions ayant trait à la catégorie des Appareils et machineries à air, et présentées dans la Classe 21 par 60 d'entre les exposants hors concours ou récompensés de cette même Classe, savoir :

France	37	Hongrie	1
Allemagne	5	Suède	3
États-Unis	7	Suisse	4
Grande-Bretagne	3	Total égal	60

Quant aux objets nombreux et très variés constituant cet ensemble de contributions, ils se subdivisaient sommairement, ainsi qu'on l'a pu voir [1], en ventilateurs et souffleurs, compresseurs et raréfacteurs, canalisations d'air, etc., et accessoires, emplois divers, enfin, de l'air comprimé [2]; et l'énumération ou l'appréciation que nous en avons données suivant les cas permettent de se rendre compte des efforts faits dans les différents pays pour assurer le progrès et le développement de cette branche des appareils divers de la Mécanique générale.

Il convient de rappeler, en outre, qu'à l'une ou à l'autre de ces subdivisions se rattachaient plus ou moins directement plusieurs d'entre les objets explicitement visés au programme des Classes 19, 28, 29, 32, 33, 55, 63, 64, 73, 74, 87 et 111 [3], ou bien mentionnés de manière générale dans les attributions de quelques-unes des Classes 6, 10, 12, 13, 19, 20, 27, 28, 29, 32, 33, 36, 63, 64, 65, 73, 88, 114, 116, 117 et 118 [4], et nous ne saurions trop, à ce double égard, engager le lecteur à se référer, à titre de très utile complément, aux indications contenues en ce qui les concerne dans les Rapports correspondants du Jury international.

[1] Et comme il est du reste indiqué en détail et par nation, — pages 148 et suivantes, — à l'Annexe n° II de ce Rapport.

[2] Appareils pneumatiques et transmission de puissance par le vide ou par l'air comprimé.

[3] Le programme officiel de ces Classes comprenait en effet, entre autres articles :

Classe 19. *Machines à vapeur.* — Canalisations de vapeur; joints; robinetterie, tuyauterie;

Classe 28. *Matériaux, matériel et procédés du génie civil.* — Matériel et procédés des travaux de fondations : appareils pneumatiques. Matériel et procédés de la télégraphie pneumatique;

Classe 29. *Modèles, plans et dessins de travaux publics.* — Réseaux de télégraphie à l'air comprimé;

Classe 32. *Matériel des chemins de fer et tramways,* — Chemins de fer à voie normale ou à voie étroite, matériel et traction : freins continus. Tramways : appareils de freinage; appareils producteurs de travail emmagasiné (air comprimé, etc.).

Classe 33. *Matériel de la navigation de commerce.* — Armement : appareils de ventilation.

Classe 55. *Matériel et procédés des industries alimentaires.* — Machines et appareils frigorifiques.

Classe 63. *Exploitation des mines, minières et carrières.* — Installations pour la compression de l'air. Appareils et procédés d'aérage; ventilateurs.

Classe 64. *Grosse métallurgie.* — Soufflleries.

Classe 73. *Cristaux, verrerie.* — Appareils de soufflage.

Classe 74. *Appareils et procédés du chauffage et de la ventilation.* — Ventilateurs et déplaceurs d'air.

Classe 87. *Arts chimiques et pharmacie : matériel, procédés et produits.* — Appareils et procédés pour la compression des gaz.

Classe 111. *Hygiène.* — Application des règles de l'hygiène aux procédés de ventilation.

[4] Voir la note 1 de la page 28 ci-dessus.

CHAPITRE VI.

MATÉRIEL DE SECOURS CONTRE L'INCENDIE ET PRÉVENTION DES ACCIDENTS DU TRAVAIL[1].

Appareils et matériel de premier secours.
Pompes à incendie et matériel à l'usage des sapeurs-pompiers.
Associations et appareils pour prévenir les accidents de machines.

A. — EXPOSANTS HORS CONCOURS.

3 dont 2 pour la France et 1 pour l'Autriche, savoir :

La *Société des ingénieurs civils de France, à Paris, dont il est question ici comme aux Chapitres qui précèdent (voir p. 9, 29, 53, 69 et 91) en raison de la variété comme de l'importance de l'œuvre à laquelle elle ne cesse d'appliquer ses efforts;

M. Reginald Czermack, à Teplitz-en-Bohême. — M. R. Czermack, membre suppléant du Jury de la Classe 21, et M. R. Czermack fils, expert de ce même Jury.

Notre collègue, dont l'industrie comporte notamment aussi la fabrication d'accessoires de conduites d'eau, de béliers hydrauliques, d'étuves sanitaires et de pompes de toute nature pour les usages domestiques, agricoles, industriels et de travaux publics, présentait surtout les pompes à incendie et le matériel de sauvetage que ses ateliers produisent en grande généralité comme avec la plus haute compétence :

Telles ses pompes à vapeur sur voitures avec ou sans trains démontables; ses pompes

[1] L'ordre suivi dans chacune des listes que l'on va lire résulte, autant que possible, de la correspondance entre les objets exposés et la nomenclature de principe figurant en sous-titre à cette page même.

D'autre part, comme plusieurs objets du ressort de ce Chapitre rentraient également dans les attributions d'autres classes que celle des appareils divers de la mécanique générale, nous donnons en référence complémentaire l'indication des principales d'entre ces classes, avec les extraits spéciaux et correspondants de leur programme officiel, savoir :

Classe 16. *Médecine et chirurgie.* — Appareils de secours aux asphyxiés.

Classe 18. *Matériel de l'art théâtral.* — Dispositions pour éviter les incendies et pour les combattre.

Classe 19. *Machines à vapeur.* — Associations de propriétaires d'appareils à vapeur.

Classe 33. *Matériel de la navigation de commerce.* — Dispositions préventives des incendies dans les soutes, les cales de chargement et les emménagements. Matériel et sociétés de sauvetage.

Classe 63. *Exploitation des mines, minières et carrières.* — Lampes de sûreté. Appareils de sécurité : parachutes, signaux, etc. Appareils de sauvetage.

Classe 105. *Sécurité des ateliers. Réglementation du travail.* — Risques inhérents aux diverses professions industrielles. Statistique des accidents. Lois et règlements sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements industriels. Influence de ces lois et règlements sur la santé et la sécurité des travailleurs. Inspection du travail dans les manufactures et ateliers.

Classe 111. *Hygiène.* — Hygiène des ateliers.

Classe 118. *Génie maritime. Travaux hydrauliques. Torpilles.* — Sauvetage maritime.

Classe 121. *Hygiène et matériel sanitaire des armées de terre et de mer.* — Matériel d'évacuation des blessés.

N. B. — Voir en outre, mais pour partie seulement, à la fin de la note des pages 9 et 10, la liste des références d'ordre général ou bien communes à plusieurs catégories de la Classe 21.

à bras sur voitures ou sur roues; ses pompes «Excelsior» spéciales pour pays tropicaux; ses armatures de pompes à incendie et ses voitures de transport de matériel et de personnel; tels, aussi, ses types de voitures à réservoirs d'eau, de réservoirs en toile, d'échelles de sauvetage et de toit, de tuyaux-gaines, sacs et gaines de sauvetage, de masques respirateurs, de trousses pour premiers soins et de matériel pour le transport des malades et des blessés :

Ensemble, on le voit, d'un intérêt fort remarquable et qui, n'eût été la situation hors concours de MM. Czermack, leur aurait certainement fait attribuer l'une des récompenses de l'ordre le plus élevé qui fussent à notre disposition [1];

Société anonyme des établissements Weyher et Richemond, à Pantin (Seine). — M. Pierre Richemond, administrateur délégué de la Société, secrétaire du Jury de la Classe 21.

Ces établissements, dont la contribution aux grandes installations de la Mécanique générale était, on le sait, des plus remarquables [2], faisaient figurer dans la Classe 21 :

a. Leur type de pompes à incendie à vapeur, système Durenne et Krebs, de grande légèreté et de volume fort réduit pour leur puissance, de visite aisée, de transport facile et de mise en pression extrêmement rapide;

b. Leurs compresseur d'air et ventilateur hydraulique système Krebs, adoptés, eux aussi, par le corps des sapeurs-pompiers de la Ville de Paris.

B. — GRANDS PRIX [3].

4 dont 2 pour la France, 1 pour l'Allemagne et 1 pour l'Autriche :

Le Comité permanent des pompiers en Autriche, à Teplitz-en-Bohême, présentait, en effet, en tableaux statistiques et graphiques fort intéressants, l'organisation, par ses soins, du sauvetage et du service des sapeurs-pompiers en Autriche : œuvre essentiellement bienfaisante et de bel exemple, à laquelle ne cesse de consacrer ses efforts comme ses avis, après en avoir été l'initiateur, notre excellent collègue du Jury, M. le Conseiller impérial et royal de Commerce Reginald Czermack.

De son côté, la Ville de Paris (Préfecture de Police) exposait au titre de la Classe 21 une remarquable série de pompes, dévidoirs, échelles, appareils respirateurs contre l'asphyxie, etc., tous engins appartenant au matériel de son régiment de sapeurs-pompiers, dont le fourgon et la pompe automobile électriques témoignaient tout particulièrement des efforts que fait et que poursuit toujours ce corps d'élite pour compléter les précieux et rapides moyens de secours et d'action dont il dispose.

Le premier de ces appareils, spécial au transport des hommes et du petit matériel,

[1] Le Jury de la Classe 21 a décerné une médaille d'or à M. Oskar Schmidt pour sa collaboration avec MM. Reginald Czermack.

[2] Par l'exposition, notamment, de leurs divers types de moteurs fixes, mi-fixes et locomobiles, et de trois d'entre les plus puissantes machines motrices de la Galerie des groupes électrogènes.

[3] Voir la note de la page 101 ci-dessus.

et dont le régiment se trouvait déjà posséder plusieurs unités au moment de l'Exposition, était à moteur électrique par accumulateurs constamment maintenus en charge, de manière à être prêt à partir à la moindre alerte.

Le second, portant une tonne remplie de liquide extincteur pour l'alimentation de début de son dévidoir, était pourvu d'un moteur analogue au précédent pour le transport et servant à actionner la pompe proprement dite aussitôt après l'arrêt du véhicule.

D'après la plus récente statistique qui soit à notre connaissance, les Sapeurs-Pompiers de Paris ont été appelés, en une année, à opérer 130 sauvetages, et à éteindre pendant la même période 1,422 incendies, pour lesquels le temps écoulé entre l'avertissement de sinistre et le début de secours effectif a varié de cinq à dix minutes pour 1,268 cas, et, respectivement, de 10 à 15, 15 à 20, 20 à 25 et 25 à 30 minutes pour les 123, 19, 4 et 8 autres cas : ces derniers délais devant être attribués soit à l'éloignement du centre de secours, soit à la difficulté de trouver le foyer de l'incendie, dans les feux de cave ou de plancher.

Quant aux moyens d'appel, ils ont été multipliés sur la voie publique, où des avertisseurs téléphoniques sont placés tous les quatre ou cinq cents mètres. L'immeuble le moins favorisé est donc à environ 250 mètres d'un appareil de signal, et l'on peut dire qu'à de rares exceptions près dans les quartiers de la périphérie, les secours sont toujours sur les lieux en six à sept minutes au maximum après l'actionnement de l'avertisseur.

Le régiment parisien de sapeurs-pompiers, dans lequel on n'en est plus à compter les actions d'éclat, et qui a récemment eu le très légitime honneur de voir décorer son drapeau, intervient aussi quotidiennement, comme on sait, pour le service de sécurité des théâtres, et, pour ne parler que du passé, il n'est que juste d'ajouter que bien souvent les grandes administrations ont fait appel à la haute compétence de son État-Major pour l'étude de projets de défense de très essentiel intérêt, notamment pour la sauvegarde de collections et d'archives dont la perte serait irréparable.

La Ville de Paris, sous la direction supérieure de M. le Préfet de Police, accomplit donc par l'entremise de son régiment de sapeurs-pompiers une œuvre véritablement humanitaire, de solidarité sociale et de conservation de richesses publiques, qui justifie amplement la haute récompense dont elle a été l'objet de la part du Jury des appareils divers de la Mécanique générale[1].

L'exposition de matériel d'incendie de MM. Henri, Otto et Hermann Magirus, d'Ulm-sur-le-Danube (Wurtemberg), avait une importance considérable, et ces constructeurs présentaient dans un fort bel ensemble :

[1] La Ville de Paris, Préfecture de Police, s'est vu en outre attribuer par ce même Jury les cinq récompenses ci-après, décernées à différents collaborateurs :

Un grand prix pour M. le Colonel O. Detalle, commandant le régiment de sapeurs-pompiers;

Une médaille d'or pour M. le Capitaine, depuis Major-Ingénieur Cordier;

Une médaille d'argent à M. l'Adjudant Morvan, du même corps;

Et deux médailles de bronze pour le Sergent-major Delannoy et le Sergent Ravet du même régiment.

1° L'une de leurs grandes échelles mécaniques tournantes, de la hauteur, déployée, de 22 m. 50, de poids très réduit au regard de cette portée, de manœuvre rapide et de dimensions restreintes en ordre de transport;

2° Une échelle pour transport par traction à bras, d'une hauteur, développée, de 16 mètres, et une échelle manœuvrable par un seul homme, d'un déploiement de 12 mètres de hauteur, pourvue, comme les précédentes, d'ingénieux dispositifs de sécurité, d'arrêt et de nivellement;

3° L'une de leurs pompes de campagne sur quatre roues, de grande puissance, à galerie pour échelles, crocs à feu, etc., et pouvant donner place à 14 hommes en même temps qu'à tout le matériel nécessaire à l'attaque d'un incendie;

4° Une autre pompe sur quatre roues, de modèle plus réduit, et une pompe sur deux roues pour traction à bras, avec axe à coulisses permettant d'équilibrer l'appareil pour le transport et de le fixer pour la manœuvre;

5° Plusieurs pompes à bras de leurs différents modèles;

6° Des photographies de leurs types de pompes à moteurs à pétrole et à benzine, de pompes à pression chimique, ainsi que de voitures et chariots pour transport d'hommes et de matériel;

7° Une vue de leurs établissements, fondés par feu M. le Conseiller de Commerce C.-D. Magirus, et des photographies représentant l'ensemble des autres produits de leur fabrication, tels que : équipement pour corps de pompiers, appareils de sauvetage, instruments à signaux, appareils préservatifs contre la fumée, et tous objets nécessaires au sauvetage des personnes comme à l'attaque du feu.

L'œuvre, enfin, de l'Association des industriels de France contre les accidents du travail, à Paris, que présidait avec une grande autorité notre collègue du Jury et très distingué président de classe, M. S. Périssé[1], était représentée d'une manière fort étendue et des plus démonstratives.

Cette œuvre excellente, intimement solidaire de celle de l'hygiène des ateliers, est de celles qui doivent inspirer les plus légitimes préoccupations. Non seulement, en effet, l'humanité fait aux chefs d'industrie un devoir de ne pas rester indifférents à ces questions, mais encore les obligations inscrites dans les lois et règlements d'administration publique aussi bien que leur intérêt pécuniaire les engagent de manière évidente à faire emploi des mesures hygiéniques et protectrices dont l'efficacité est indiscutablement reconnue.

On ne saurait donc trop souhaiter le développement des grandes Associations d'initiative privée qui se sont donné la mission de faire connaître à leurs membres les précautions qu'ils doivent appliquer dans la pratique courante en vue d'assurer une véritable

[1] L'un des anciens présidents de la Société des ingénieurs civils de France, membre du Comité technique d'Électricité de l'Exposition et du Jury, M. G. Dumont, a été récemment appelé à la présidence de l'Association des industriels, dont M. Périssé, président sortant, a été nommé président honoraire.

épargne de vies humaines et de blessures en dépit des multiples dangers de l'industrie[1].

Dans cet ordre d'idées et à titre d'exemples fort clairs et très explicites, l'exposition, dans la Classe 21, de l'Association des industriels de France comprenait d'une part quatre machines opératoires diverses, — tour et machine à percer des usines Bouhey, machine à imprimer de la maison Marinoni, et machine à meuler des ateliers P. Huré, — et, d'autre part, quatre machines à bois, — deux scies circulaires et deux toupies de la maison d'Espine et Achard, — les unes et les autres actionnées par une dynamo de MM. Sautter, Harlé et Cie, reliée à ces deux groupes d'outils par courroies verticales, renvoi de mouvement, courroie horizontale, arbres de commande aérien et souterrain, et courroies d'attaque spéciales à chaque machine.

Ces divers engins donnaient lieu, du reste, aux dispositifs ci-après de protection :

a. Garde-corps en « Métal Déployé » pour la dynamo et la courroie verticale;

b. Passe-courroie Piat-Forest pour la commande du renvoi de mouvement;

c. Rigole en bois pour la courroie horizontale;

d. Embrayages à friction Piat pourvus d'un levier à goupille de sûreté pour la mise en route et l'arrêt de l'arbre aérien, ainsi que pour la commande de l'arbre souterrain;

e. Monte-courroie fixes Brancher et Ertzbischoff-Simon, passe-courroie fixe Piat-Forest et perche à crochet Micault pour le montage des courroies de commande des tour, machine à percer, machine à imprimer et machine à meuler;

f. Manchon protecteur Thiébaut-Delacommune pour la partie libre de l'arbre aérien de transmission;

g. Couvre-engrenages pour la machine à percer et le tour;

h. Remplissage de volant, remplissage de poulie de commande, couvre-clavette de cette poulie, couvre-engrenages de la commande des cylindres, recouvrement de la crémaillère, protection contre le mouvement du marbre, et fixation du débrayage à l'arrêt par goupille de sûreté pour la machine à imprimer;

i. Grands plateaux pour le serrage de la meule dans la machine à meuler, et forte capote et bâti-cuvette avec conduit éjecteur et vanne pour la protection de la meule et l'entraînement des poussières dans un bac rempli d'eau ou dans une canalisation où un ventilateur peut les aspirer[2];

[1] Ces Associations sont d'origine éminemment française. La première en date, en effet, et qui n'existe plus, avait été créée en 1867, à Mulhouse, par un industriel alsacien, Engel-Dollfus.

A son exemple se sont établies en 1880, à Rouen, l'Association Normande, et, en 1883, à Paris, l'Association instituée par Émile Muller, devenue bientôt l'Association des industriels de France, et que vise tout spécialement ce Rapport.

Une Association indépendante s'est constituée, en 1894, dans la région du Nord, et l'étranger nous a d'ailleurs suivis dans cette voie, notamment par la création, en 1890, de l'Association des industriels de Belgique, et, en 1894, de l'Association des industriels d'Italie contre les accidents du travail.

[2] Ce dispositif a pour objet de soustraire les ouvriers à l'ingestion des poussières dures, pierreuses ou métalliques, à pointes aiguës et arêtes coupantes qui percent ou éraillent les muqueuses digestives ou respiratoires et facilitent ainsi l'introduction, dans l'éco-

j. Couteau-diviseur et chapeau de sûreté Oberlin pour l'une des scies circulaires, et couteau diviseur et chapeau de sûreté Fleuret pour l'autre;

k. Planchette de protection pour la lame sous la table dans ces deux scies;

l. Protecteur Fleuret pour l'une des toupies, et protecteur Weber et Mathon pour l'autre :

Tous exemples, on le voit, fort variés et dont l'ensemble était complété par la présentation de divers autres types d'appareils protecteurs, tels que :

Têtière de banc à broches pour le coton et têtière de bobinoir pour la laine peignée, de la Société alsacienne de constructions mécaniques;

Modèle de protecteur pour manœuvre de tire-sacs, du commandant Gisclard;

Dispositifs protecteurs P. Jametel pour petite scie à ruban;

Modèle du pare-éclats pour meule d'émeri, de M. Ch. Masson (Société anonyme de constructions mécaniques et fonderies nancéiennes);

Modèle de perche à crochet Chouanard;

Appareil démonstratif de l'efficacité du frein de sûreté appliqué aux crics (Société alsacienne de constructions mécaniques);

Modèle démonstratif de l'efficacité du cliquet d'arrêt en cas de rupture de câble ou de chaîne, appliqué aux ascenseurs Stigler;

Modèles de protecteurs pour les engrenages « tête de cheval » des tours (Ateliers Delaunay-Belleville);

Modèle de pare-bavures Solviche (MM. Schneider et Cie);

Modèles de pare-éclats Lebrun pour tourneurs, burineurs, ébarbeurs, etc.;

Lunettes contre les éclats, types Simmelbauer et Détourbe;

Masque respirateur Détroye contre les poussières;

Lunette et masque respirateur Détourbe contre les poussières;

Protections d'arbres verticaux et horizontaux, d'engrenages coniques, d'engrenages cylindriques, d'un volant de moteur et d'une courroie presque verticale.

L'Association, qui en 1900 exerçait son action dans 71 départements et comptait plus de 2,700 membres représentant près de 300,000 ouvriers, exposait en outre ses différentes affiches d'atelier, un tableau résumant son organisation et son fonctionnement, ses publications diverses enfin, telles que bulletins, brochures-notices, circulaires et avis de concours propres à faire connaître, à propager et à étendre les bienfaits de son œuvre humanitaire si libéralement conduite et si largement comprise[1].

nomie, de germes infectieux et tout particulièrement du bacille de Koch.

D'un autre côté, à ce dernier point de vue, il convient d'ajouter que, sur le rapport de M. l'Ingénieur H. Mamy, le Conseil directeur de l'Association des industriels de France a récemment adopté, sur la prophylaxie de la tuberculose dans les ateliers, d'importantes et bienfaisantes conclusions que résume une affiche tenue à la disposition des membres de cette Association et dont la teneur est un exposé des dangers de cette terrible maladie, de ses causes et des principales règles de son hygiène préventive.

[1] Indépendamment en effet des visites et des conseils de ses ingénieurs-inspecteurs, et en dehors des récompenses qu'elle décerne chaque année, l'Association des industriels assure le plus grand développement possible de l'emploi des moyens préventifs des accidents de l'industrie par ses publications très

C. — MÉDAILLES D'OR[1].

1 pour la France, 2 pour l'Allemagne, 1 pour la Grande-Bretagne et 1 pour la Suède, soit 5 récompenses en raison desquelles nous devons ici une mention respective :

A la Société anonyme des usines de Ludwigsberg, de Stockholm, qui compte au nombre de ses spécialités la construction des compresseurs d'air et d'autres gaz, ainsi que celle des pompes de différents emplois et du matériel à l'usage des sapeurs-pompiers, et dont la contribution à la Classe 21 comprenait deux pompes à incendie à vapeur fort intéressantes, l'une et l'autre du système Granell, à un et deux cylindres à double effet, sur chariots à deux et quatre roues, de poids réduit pour leur puissance, de mise en pression rapide pendant leur transport même, et de visite comme de manœuvre faciles;

A MM. *A. Thirion et fils, de Paris, qui se présentaient à la fois au titre des pompes, du matériel d'incendie et des compresseurs d'air, et dont nous avons mentionné plus haut (voir p. 73) l'ensemble de la remarquable exposition;

A la Deutsche Rettungsfenster Aktien-Gesellschaft, Patent Scherrer, de Beuel-sur-Rhin (Allemagne), qui exposait dans une forme très démonstrative, sur une haute tour de six étages, le système Scherrer de fenêtres de sauvetage, d'adaptation commode et à demeure sur toutes espèces de baies de construction, et qui, en cas d'incendie, se transforment d'étage en étage, et par une manœuvre facile et rapide, en une véritable échelle permettant l'accès comme la sortie des bâtiments pourvus de ce fort ingénieux dispositif de secours et de sécurité;

répandues, par ses affiches d'ateliers, et par les concours publics qu'elle ouvre fréquemment pour la création ou l'amélioration d'appareils protecteurs.

Elle est, de plus, activement secondée dans ses efforts par ses Comités régionaux, — tels que celui des départements du Loiret, d'Indre-et-Loire et de Loir-et-Cher, dont la constitution a suivi, l'an dernier, une fort intéressante conférence donnée à Orléans par M. Henri Mamy, directeur de l'Association, sous la présidence de mon excellent ami M. Georges Dessaux, président de la Chambre de commerce du Loiret et membre du Conseil supérieur du commerce et de l'industrie.

Ces Comités, actuellement au nombre de 21, comprennent dans l'ensemble de leurs circonscriptions 68 départements entiers, 1 territoire et 2 régions industrielles, et ont respectivement leur siège dans les villes de Beauvais, Belfort, Besançon, Calais, Charleville, Dijon, Épinal, Fourmies, Grenoble, Lyon, le Mans, Marseille, Montluçon, Nancy, Nantes, Nevers, Orléans, Reims, Saint-Quentin, Troyes et Toulouse.

D'autre part, à une date toute récente, l'Association a pris l'initiative de provoquer la création d'un Musée de prévention des accidents et d'hygiène industrielle, tels que ceux dont on recueille en divers pays déjà des résultats fort appréciés, et il y a tout lieu d'espérer que, dans cette voie également, ses efforts seront couronnés de succès.

J'ajoute qu'une médaille d'or de collaborateur a été, dans la Classe 21, décernée à M. Mamy, et je me fais, en outre, un devoir de signaler les deux séries de conférences publiques faites au Conservatoire national des Arts et Métiers, en 1901 et 1902, par ce savant ingénieur et dans lesquelles se trouvent vulgarisés les principes généraux de la prévention des accidents du travail, ainsi que les dispositifs protecteurs qu'il convient d'adopter dans les diverses industries.

[1] Voir la note de la page 101 ci-dessus.

A M. J.-G. Lieb, de Biberach-sur-Riss (Wurtemberg), dont les usines fabriquent les articles et engins de toute nature à l'usage des sapeurs-pompiers, et qui présentait, notamment, ses échelles mécaniques d'attaque et de sauvetage en un groupe très intéressant d'appareils pour les hauteurs de 8 à 25 mètres;

A la Société Merryweather et fils, limited, enfin, de Londres, pour son importante et belle construction de pompes à incendie à vapeur, dont elle exposait les trois modèles ci-après :

1° Pompe verticale à deux cylindres « la Perle de Greenwich »;

2° Appareil vertical à deux cylindres d'expansion de vapeur, monté sur quatre roues comme le précédent et adopté comme lui par la brigade des sapeurs-pompiers de Londres;

3° Pompe légère et portative, modèle « Valiant », sur chariot métallique détachable à deux roues pour traction à bras, et se prêtant aux divers travaux d'irrigation, d'approvisionnement, d'extinction d'incendie, etc.

D. — MÉDAILLES D'ARGENT [1].

10 dont 3 pour la France, 1 pour l'Allemagne, 1 pour la Grande-Bretagne, 2 pour la Hongrie, 1 pour le Portugal, 1 pour la Russie et 1 pour la Suisse :

La * Société anonyme de constructions mécaniques et de pompes à incendie de Budapest exposait à la fois, comme on l'a vu plus haut (page 78), sa fabrication de pompes de divers types et de pompes à incendie de tout genre.

M. L. Gugumus, de Nancy, présentait, d'autre part, d'intéressants spécimens de sa construction de matériel contre l'incendie :

Telle son échelle aérienne pour attaque du feu et pour sauvetage, également employée comme poste-observatoire militaire transportable et comme appareil de travaux sur les lignes télégraphiques; tels aussi ses types de pompe à incendie du modèle de la Ville de Paris, de pompe alimentaire de pompes d'attaque jusqu'à la distance de 300 mètres, de dévidoir spécial pour ce dernier service, de pompe à hotte pour premiers secours et de flambeau d'éclairage pour incendies de nuit.

La Société Mather et Platt, limited (Section Dowson, Taylor et Cie), de Londres, soumettait au Jury un ensemble d'ingénieux appareils de sa construction pour la défense contre le feu et comprenant :

a. Le « Grinnell », extincteur avertisseur automatique s'ouvrant par fusion, à 70 degrés centigrades, d'une composition spéciale déterminant par surcroît le fonctionnement d'une cloche d'alarme ou d'un signal électrique, et monté tous les trois mètres sur une canalisation d'eau alimentée par une distribution suffisante, ou dont la pression est

[1] Voir la note de la page 101 ci-dessus.

entretenue par des pompes à vapeur entrant automatiquement en jeu à la demande du nombre d'extincteurs successivement ouverts par les progrès possibles du feu;

b. L'extincteur chimique le « Simplex »;

c. Des types spéciaux de lance diffusatrice et de raccord rapide;

d. Un système de portes blindées incombustibles fonctionnant par fusion comme le « Grinnell » et pour l'interception automatique du feu.

MM. Mather et Platt exposaient de plus leur appareil « Vortex », pour humidification et ventilation simultanées.

M. F. Seltenhofer fils, de Sopron (Hongrie), et la Wagenbauanstalt und Waggonfabrik für electrische Bahnen, de Bautzen (Saxe), présentaient les intéressants modèles de pompes à incendie de leur construction respective.

MM. Ad. et J. Tretzer, de Varsovie, exposaient, de leur importante fabrication de pompes à incendie, les types à quatre et deux roues et le type portatif; et leur participation à la Classe 21 comprenait d'un autre côté plusieurs modèles de leur genre particulier de pompe aspirante rotative à volets et à rouleaux.

M. J.-U. Aebi, de Berthoud (Suisse), faisait figurer dans cette même Classe son système spécial de pompes à incendie à soupapes sphériques.

L'exposition d'engins pour l'attaque du feu, de M. G. Lotte, de Paris, comprenait notamment ses intéressants modèles d'échelle à crochets pliante à fermeture automatique, d'échelles à coulisse avec ou sans déclenchement, de raidisseurs, tendeurs et autres appareils de consolidation de ce matériel, d'échelle aérienne sur chariot pour petite ville, de descenseur, et d'échelle aérienne de sauvetage à déployement rapide simultané.

La Municipalité de Lisbonne présentait des documents caractéristiques de l'organisation de son service de sapeurs-pompiers et de son très important outillage de secours contre l'incendie.

L'exposition, enfin, de M. *A. Brousset, de Nogent-sur-Marne (Seine), contenait, ainsi qu'il a été dit précédemment (voir p. 40), le modèle d'un valet de menuisier à serrage mécanique ainsi que celui de deux intéressants dispositifs de prévention d'accident et de diminution de fatigue lors de l'emploi de machines à volant ou de mécanismes à pédale.

E. — MÉDAILLES DE BRONZE [1].

4 pour la France, 1 pour l'Autriche, 1 pour la Roumanie et 2 pour la Suisse, soit, en tout, 8 récompenses en raison desquelles nous devons ici une mention :

A M. Émile Bastien, de Bourbonne-les-Bains (Haute-Marne), pour son chariot de

[1] Voir la note de la page 101 ci-dessus.

premier départ de petite ville, transportant les accessoires nécessaires à l'attaque du feu ainsi que le matériel de sauvetage et de secours aux blessés;

A M. Josef Żurek, de Freistadt, Silésie (Autriche), pour ses échelles à câbles métalliques raidisseurs pour le service d'incendie et de sauvetage;

A M. le Colonel A. Pingoud, de Lausanne, pour le fort intéressant *Manuel du Sapeur-pompier* dont il est l'auteur et qu'il soumettait à l'appréciation du Jury;

A MM. F. Casassa fils et Cie, de Pantin (Seine) et de Paris, pour leur série très variée d'engins de protection et de sauvetage, qui comprenait particulièrement :

Leurs types — l'un et l'autre à tuyaux de haute résistance — de poste d'incendie « le Prompt Secours », avec raccord à nez tournant, et de poste à bobine tournante et pivotante;

Leurs modèles de casque respiratoire contre les fumées et de casque contre les poussières pour les ouvriers de nombreuses professions;

Leurs dévidoirs à bobine sur brouette et sur ressort, avec des longueurs respectives de 250 et 500 mètres de tuyaux Casassa « extra-légers »;

Leur construction, enfin, des divers types de raccords et leurs différents modèles de tuyaux d'aspiration et de refoulement;

A M. Emmanuel Simoneton, du Raincy (Seine-et-Oise) et de Paris, qui présentait ses tuyaux d'incendie en toile ou en toile caoutchoutée à l'intérieur, et dont la contribution à la Classe 21 comprenait également des tuyaux de ce double genre pour conduites d'air et d'eau sous pressions variées.

M. Simoneton exposait en outre son type de seaux en toile pour le service d'incendie, et signalait sa fabrication de tissus à filtrer et de filtres;

A la Société lyonnaise de mécanique et d'électricité (anciens établissements G. Flaud et A. Cohendet), de Paris, pour son intéressante fabrication de matériel de secours, dont elle présentait notamment les types de pompe à bras, d'armement rapide, à espagnolette d'arrêt et à leviers télescopés, de dévidoir léger, de poste d'incendie, de petite pompe sur brouette et de casques de sapeurs;

A M. *H. Wernecke, de Staefa (Suisse), exposant, ainsi qu'on a vu plus haut (page 23), au double titre des tuyaux pour incendie et des courroies pour transmissions;

A M. L. Leyendecker, enfin, de Bucarest, qui présentait sa construction de pompes à incendie.

F. — MENTIONS HONORABLES [1].

14 pour la France et 1 pour la Belgique, soit, en tout, 15 récompenses qui valent le rappel fait ici de leurs noms :

[1] Voir la note de la page 101 ci-dessus.

Au titre des extincteurs d'incendie à la Compagnie parisienne de matériel hygiénique à eaux gazeuses, de Paris et de Bapeaume-lès-Rouen (Seine-Inférieure);

A M. L. Rochereau, d'Angers, pour ses échelles de sauvetage de construction métallique et à déroulement;

A M. A.-G. Bauduin (maison de la Grenade Harden), de Paris, pour divers appareils extincteurs comprenant, outre ladite grenade, l'extincteur à pression Harden, système Dick, fonctionnant par percussion, et l'extincteur automatique Bauduin que met en jeu la simple ouverture d'un robinet.

M. Bauduin présentait également un avertisseur électrique d'incendie, «le Canadien», et le produit «l'Ignifuge», de MM. Haret et Martin [1];

A M. J. Tombeur, de Bruxelles, pour l'exposition de sa solution extinctrice spéciale, ainsi que de ses appareils «Parafeu» contre commencements d'incendie et «Express Parafeu» formant train léger de premier secours à l'usage des sapeurs-pompiers [2];

A M. Carré (maison «l'Incombustibilité», fondée par M. Labbé), de Paris, pour ses produits ignifuges [3], ainsi que pour ses grenades Labbé et pour son extincteur «Excelsior», à fonctionnement par percussion et de son système personnel;

A MM. Caillette et Narçon, de Paris, qui présentaient leur construction de postes d'incendie pourvus de robinets à grand débit, de lances avec robinets à passage direct, de raccords divers pour pompes à incendie et pour services de marine, de coudes à raccord Keizer pour bouches d'incendie, de fourches et pièces de division, de pièces de retenue, etc. [4];

A M. Léon Davoine, de Billancourt (Seine), pour ses systèmes de bouton d'appel avertisseur automatique à pastille fusible, et de sonnerie avertisseuse soit automatique, soit à manœuvre par courant d'électricité;

A M. Fontaine-Souverain fils, de Dijon, qui présentait les différents types d'échelles de sa construction à l'usage des sapeurs-pompiers et des électriciens, pour leurs services de secours ou d'installations [5];

A M. Ch. Blon, de Paris, pour son système dit d'extincteurs automatiques français, à fonction par renversement ou par tirage, et respectivement portatifs à dos, à main ou sur chariot de secours;

A M. Bocahut, d'Oran, qui exposait un outil multiple de sapeurs-pompiers, étudié par ses soins pour former à la fois hache, pic, scie, couteau, harpon, clef de raccords de bouches d'incendie et carré pour ouverture de prises d'eau;

[1] et [3] M. Carré et M. Bauduin avaient l'un et l'autre exécuté d'importants travaux d'ignifugeage pour les installations, les bâtiments et les attractions de l'Exposition universelle.

[2], [4] et [5] MM. Joseph Booghmans, de la maison Tombeur, Eugène Chappey, de la maison Caillette et Narçon, et Alfred Alexandre, de la maison Fontaine-Souverain fils, se sont vu attribuer chacun une mention honorable de collaborateur au titre des appareils divers de la mécanique générale.

A M. F. Holthausen, d'Asnières (Seine), pour son appareil descenseur à spirale notamment destiné au sauvetage en cas d'incendie;

A MM. *Schroedter et Cie, de Paris, qui, comme il a été dit précédemment (voir p. 48), exposaient un avertisseur électrique contre le vol et contre l'incendie;

A M. A. Bara, de Paris, pour ses tubes de niveau d'eau blindés de chaudières à vapeur;

A M. V. Français, de Cornimont (Vosges), pour un dispositif protecteur de scies circulaires;

Et, enfin, à M. l'Inspecteur du travail dans l'industrie Aug. Lebrun, de Chalon-sur-Saône, pour son pare-éclats automatique à l'usage des ouvriers burineurs, ébarbeurs, ciseleurs de métaux, tailleurs de pierres, etc., et complétant la protection partiellement assurée déjà par les lunettes d'atelier.

G. — EXPOSANTS HORS CONCOURS OU RÉCOMPENSÉS DONT LA MENTION D'ENSEMBLE FIGURE À DES CHAPITRES AUTRES QUE LE CHAPITRE VI, ET AYANT PRÉSENTÉ LES CONTRIBUTIONS CI-APRÈS À LA CATÉGORIE DES SECOURS CONTRE L'INCENDIE ET PRÉVENTION DES ACCIDENTS DU TRAVAIL [1] :

HORS CONCOURS.

MM. Mathelin et Garnier, à Paris : page 70 ci-dessus, chapitre IV. — Canalisations pour les services d'alimentation d'eau et de secours contre l'incendie à l'Exposition de 1900.

MM. Muller et Roger, à Paris : p. 31 et 70 ci-dessus, ch. II et IV. — Bouches d'arrosage et d'incendie, raccords Keizer pour pompiers, lances et coffrets d'incendie, etc.

Société industrielle des téléphones, à Paris : p. 14 et 55 ci-dessus, ch. I et III. — Tuyaux d'aspiration et de refoulement en caoutchouc pour pompes à incendie; avertisseurs d'incendie système Digeon. Gants et moufles pour tanneurs, fabricants de produits chimiques, électriciens, etc.

M. A. Piat et ses fils, à Paris : p. 11 et 55 ci-dessus, ch. I et III. — Appareil passe-courroie et embrayage à dispositif d'arrêt instantané.

GRAND PRIX.

Geo.-F. Blake Manufacturing Co, à New York (États-Unis) : page 73 ci-dessus, chapitre IV. — Pompes à vapeur de divers types et emplois.

[1] Voir, ci-dessus, les titre, sous-titre et note de la page 101.

MÉDAILLES D'OR.

Mme veuve Ch. Gibault, à Paris : page 77 ci-dessus, chapitre IV. — Bouches d'incendie avec robinets spéciaux.

M. Jules Moisy, à Paris : p. 18 ci-dessus, ch. I. — Tuyaux en cuir pour pompes à incendie.

M. Jules Richard, à Paris : p. 36 ci-dessus, ch. II. — Avertisseurs d'incendie et contrôleurs de veille.

MM. Frantz Pretzel et Cie, à Berlin (Allemagne) : p. 16 ci-dessus, ch. I. — Extincteurs et seaux d'incendie, monte-courroies « Triumph », et bagues protectrices empêchant la désagrégation des tubes de niveau d'eau.

MM. Schaeffer et Budenberg, à Magdebourg-Buckau (Allemagne) : p. 36 ci-dessus, ch. II. — Bouches et lances d'incendie, appareils extincteurs, niveaux d'eau à protection, et pare-étincelles pour cheminées de chaudières.

M. Otto Gehrckens, à Hambourg (Allemagne) : p. 17 ci-dessus, ch. I. — Systèmes divers de mise des courroies sur poulies pendant leur marche.

M. A. Stigler, à Milan (Italie) : p. 62 ci-dessus, ch. III. — Dispositifs de sécurité pour ascenseurs, dans les cas de rupture de câbles, de rencontre d'obstacles ou d'excès de vitesse.

MÉDAILLES D'ARGENT.

M. Durey-Sohy, à Paris : page 78 ci-dessus, chapitre IV. — Pompe fixe contre le feu, à branchement sur générateur d'usine; pompes à incendie de divers types, postes et matériel de secours contre le feu.

M. H. Jandin, à Lyon : p. 79 ci-dessus, ch. IV. — Bateaux-pompes pour service d'incendie ou renflouage.

M. F.-J. Buzelin, aux Lilas (Seine) : p. 80 ci-dessus, ch. IV. — Pompes de montage facile et rapide pour secours contre l'incendie.

MM. Arcis, Long et Cie, à Lyon-Villeurbanne (Rhône) : p. 21 ci-dessus, ch. I. — Tuyaux en cuir pour pompes à incendie.

Société anonyme de construction d'appareils hydrauliques et d'éclairage public, à Paris : p. 81 ci-dessus, ch. IV. — Robinets quart-de-tour, système Boursier, pour incendie.

Société d'entreprise générale de distributions et de concessions d'eau, de gaz et de travaux publics, à Paris : p. 77 ci-dessus, ch. IV. — Bouches d'incendie.

Société par actions Siemens et Halske, à Berlin (Allemagne) : p. 43 ci-dessus, ch. II. — Avertisseurs d'incendie et contrôleurs de rondes.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Chapman Valve Manufacturing C°, à Indian Orchard (États-Unis) : p. 82 ci-dessus, ch. IV. — Valves et robinets pour service d'incendie.

M. Antoine Brancher, à Paris : p. 19 ci-dessus, ch. I. — Monte-courroies « Simplex ».

M. Armand Janet, à Paris : p. 19 ci-dessus, ch. I. — Dispositifs de sécurité d'emploi adaptés aux porte-outils commandés par arbres flexibles.

M. Rudolph Chillingworth, à Nuremberg (Allemagne) : p. 19 ci-dessus, ch. I. — Couvre-engrenages pour moteurs de tramways.

MÉDAILLES DE BRONZE.

M. Henri David, à Orléans : page 83 ci-dessus, chapitre IV. — Pompe à incendie « l'Orléanaise ».

M. F. Dyckhoff fils, à Bar-le-Duc : p. 84 ci-dessus, ch. IV. — Pompes Brackemann facilement transformables en pompes à incendie.

MM. Champenois-Rambeaux et Cie, à Cousances-aux-Forges (Meuse) : p. 23 ci-dessus, ch. I. — Roues en fer et roues mixtes en fer et bois pour pompes à bras et pompes à vapeur.

MM. Carré fils aîné et Cie, à Paris : p. 82 ci-dessus, ch. IV. — Réservoirs-élévateurs pour secours contre l'incendie.

M. Edmond Henry, à Paris : p. 82 ci-dessus, ch. IV. — Élévateur d'eau pour secours contre le feu.

M. F. Bohler, à Paris : p. 83 ci-dessus, ch. IV. — Lances de secours contre l'incendie.

M. Charles Rudolph, à Paris : p. 22, 84 et 97 ci-dessus, ch. I, IV et V. — Tuyaux métalliques pour résistance aux pressions élevées; chariot de secours et poste d'incendie.

Société anonyme « Excelsior » pour la fabrication de machines, à Vaxholm (Suède) : p. 84 ci-dessus, ch. IV. — Pompes à incendie.

M. A. Delafraye, à Marissel-les-Beauvais (Oise) : p. 24 ci-dessus, ch. I. — Garnitures de polissoir et de scie à ruban; protecteurs de chaînes de bicyclettes et d'automobiles.

MM. G. Lallemant et E. Journaux, à Arnay-sous-Vitteaux et Marigny-le-Cahouet (Côte-d'Or) : p. 44 ci-dessus, ch. II. — Régulateur pour l'arrêt automatique des moteurs hydrauliques en cas d'alerte, d'insuffisance d'eau ou d'excès de résistance.

MM. Ollivier et Cie, à Paris : p. 44 ci-dessus, ch. II. — Garde-navette système Sconfietti et appareils Fleuret pour la protection des scies circulaires et des toupies.

MENTIONS HONORABLES.

M. Robert Suter, à Thayngen (Suisse) : page 25 ci-dessus, chapitre I. — Tuyaux en tissu de chanvre pour hautes pressions, étoffes spéciales d'équipement et « hydrant rapide » armé de tuyaux en caoutchouc à spiraux pour défense contre l'incendie.

M. Hans Reisert, à Cologne (Allemagne) : p. 47 ci-dessus, ch. II. — Tubes de niveau à protection.

Telles étaient, avec celles qui sont mentionnées sous les rubriques A à F du présent Chapitre, les principales contributions ayant trait à la catégorie des Secours contre l'incendie et Prévention des accidents du travail, et présentées dans la Classe 21 par 81 d'entre les exposants hors concours ou récompensés de cette même Classe, savoir :

France	51	Italie	1
Allemagne	10	Portugal	1
Autriche	3	Roumanie	1
Belgique	1	Russie	1
États-Unis	2	Suède	2
Grande-Bretagne	2	Suisse	4
Hongrie	2	Total égal	81

Quant aux objets nombreux et très variés constituant cet ensemble de contributions, ils se subdivisaient sommairement, ainsi qu'on l'a pu voir[1], en matériel de secours contre l'incendie[2] et organes de prévention des accidents du travail[3], et l'énumération ou l'appréciation que nous en avons données suivant les cas permettent de se rendre compte des efforts faits dans les différents pays pour assurer le progrès et le développement de cette branche des appareils divers de la Mécanique générale.

Il convient de rappeler, en outre, qu'à l'une ou à l'autre de ces deux subdivisions se rattachaient plus ou moins directement plusieurs d'entre les objets explicitement visés au programme des Classes 16, 18, 19, 33, 63, 105, 111, 118 et 121[4], ou bien mentionnés de manière générale dans les attributions de quelques-unes des Classes 6, 10, 12, 13,

[1] Et comme il est du reste indiqué en détail et par nation, — pages 152 et suivantes, — à l'Annexe n° II de ce Rapport.

[2] Appareils et matériel de premier secours. — Pompes à incendie et matériel à l'usage des sapeurs-pompiers.

[3] Associations et appareils pour prévenir les accidents de machines.

[4] Le programme officiel de ces Classes comprenait en effet, entre autres articles :

Classe 16. *Médecine et chirurgie.* — Appareils de secours aux asphyxiés;

Classe 18. *Matériel de l'art théâtral.* — Dispositions pour éviter les incendies et pour les combattre;

Classe 19. *Machines à vapeur.* — Associations de propriétaires d'appareils à vapeur;

Classe 33. *Matériel de la navigation de commerce* — Dispositions préventives des incendies dans les soutes, les cales de chargement et les emménagements. Matériel pour le sauvetage des personnes. Sociétés de sauvetage;

Classe 63. *Exploitation des mines, minières et carrières.* — Lampes de sûreté. Appareils de sécurité : parachutes, signaux, etc. Appareils de sauvetage;

19, 20, 27, 28, 29, 32, 33, 36, 63, 64, 65, 73, 88, 114, 116, 117 et 118[1], et nous ne saurions trop, à ce double égard, engager le lecteur à se référer, à titre de très utile complément, aux indications contenues en ce qui les concerne dans les Rapports correspondants du Jury international.

NOTE ADDITIONNELLE AUX CHAPITRES V ET VI.

Par analogie avec ce qui a été fait aux pages 51 et 90 de ce Rapport, nous donnons ici, avec les indications de même ordre et en nous excusant sur le même motif, six mentions qui auraient dû respectivement figurer aux pages 98 et 112 à 115 ci-dessus, savoir :

1° et 2° Pour le Chapitre V et comme grands prix :

M. Charles Cavelier de Mocomble, à Paris : pages 53 et 58, chapitre III. — Aspirateurs, compresseurs, souffleurs, appareils à jet de vapeur, d'air et d'eau sous pression;

La Société anonyme des établissements Escher Wyss et Cie, à Zurich : p. 72, ch. IV. — Compresseurs d'air;

3° Pour le Chapitre VI et hors concours :

MM. Delaunay-Belleville et Cie, à Saint-Denis (Seine) : p. 91, ch. V. — Protecteurs pour les engrenages « tête de cheval » des tours;

4° et 5° Pour le même Chapitre et comme médailles d'argent:

M. Letestu, à Paris : p. 81, ch. IV. — Pompes à incendie et matériel à l'usage des sapeurs-pompiers;

M. Émile Chouanard, à Paris : p. 18 et 63, ch. I et III. — Perche à crochet;

6° Pour le même Chapitre et comme mention honorable :

MM. Allouard et Cie, à Paris : p. 85 et 97, ch. IV et V. — Tuyaux métalliques résistance aux pressions élevées.

Il convient, en outre, de mentionner en cette place le Congrès international de Sapeurs-Pompiers, et le Concours, international également, de Matériel contre l'incendie, organisés à l'occasion de la dernière Exposition universelle de Paris et tenus l'un et l'autre au mois d'août 1900 à l'Annexe de Vincennes.

Classe 105. *Sécurité des ateliers. Réglementation du travail.* — Risques inhérents aux diverses professions industrielles. Statistique des accidents. Lois et règlements sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements industriels. Influence de ces lois et règlements sur la santé et la sécurité des travailleurs. Inspection du travail dans les manufactures et ateliers;

Classe 111. *Hygiène.* — Hygiène des ateliers;

Classe 118. *Génie maritime. Travaux hydrauliques. Torpilles.* — Sauvetage maritime;

Classe 121. *Hygiène et matériel sanitaire des armées de terre et de mer.* — Matériel d'évacuation des blessés.

[1] Voir la note 1 de la page 28 ci-dessus.

ANNEXES

Annexe n° I.

PROGRAMME (A)

DES ATTRIBUTIONS
DE LA CLASSE DES « APPAREILS DIVERS DE LA MÉCANIQUE GÉNÉRALE » DE L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900,

SUIVI D'EXTRAITS (B) DE LA CLASSIFICATION GÉNÉRALE EN RÉFÉRENCE AVEC DIFFÉRENTS OBJETS DE CE MÊME PROGRAMME.

(A)

Classe 21. — Appareils divers de la Mécanique générale.

Organes de transmission mécanique : arbres, supports, guidages, systèmes articulés. Engrenages. Embrayages, déclics.

Poulies, courroies et câbles de transmission. Systèmes funiculaires.

Régulateurs et modérateurs de mouvement.

Appareils de graissage.

Appareils de mesure des quantités mécaniques : compteurs, enregistreurs, vélocimètres, dynamomètres, manomètres.

Appareils de pesage. Machines pour l'essai des matériaux. Jaugeage des fluides.

Machines servant à la manœuvre des fardeaux : grues, ascenseurs, etc.

Machines hydrauliques élévatoires : pompes à bras ou à vapeur, norias, béliers, etc.

Pompes à incendie et matériel à l'usage des sapeurs-pompiers.

Presses hydrauliques et accumulateurs.

Canalisations d'eau et accessoires.

Compresseurs et canalisations d'air.

Ventilateurs.

Transmission à distance et distribution de la puissance par l'eau, la vapeur, l'air ou le vide.

Appareils et associations pour prévenir les accidents de machines.

Ces divers objets se rattachaient comme on peut le voir, et assez exactement, aux six Sections ou catégories ci-après, qui ont servi de base à la subdivision de ce Rapport en Chapitres ainsi qu'à celle de son Annexe n° II (voir p. 125 à 156) qui contient l'indication, par pays et par spécialité, des principales contributions soumises au Jury par les exposants hors concours ou récompensés de la Classe :

I. Organes de transmission mécanique[1];

[1] I *a* : *Appareils rigides.* — Chaises-supports, paliers et arbres de transmission. — Manchons d'accouplement, embrayages et débrayages. — Engrenages et transmissions par frottement. — Poulies. — Renvois, changements de vitesse et transmissions intermédiaires.

I *b* : *Organes souples.* — Courroies, câbles, cordes, chaînes et arbres flexibles de transmission.

II. Appareils pour la régularisation du mouvement et de la pression, pour le graissage, et pour les observations et mesures de l'ordre de la Mécanique générale [1] ;

III. Machines servant à la manœuvre des fardeaux et pour le transport des personnes [2];

IV. Appareils hydrauliques élévatoires, machineries à eau et canalisations hydrauliques [3];

V. Appareils pour la compression et la raréfaction de l'air et des gaz, ventilateurs, et machineries à air comprimé ou raréfié [4];

VI. Matériel de secours contre l'incendie et prévention des accidents du travail [5].

(B)

PREMIER GROUPE. — ÉDUCATION ET ENSEIGNEMENT.

Classe 6 : *Enseignement spécial industriel et commercial.* — Matériel d'enseignement. Résultats obtenus...

DEUXIÈME GROUPE. — OEUVRES D'ART.

Classe 10 : *Architecture.* — Dessins, photographies et modèles de travaux exécutés (édifices publics et constructions privées)...

TROISIÈME GROUPE. — INSTRUMENTS ET PROCÉDÉS GÉNÉRAUX DES LETTRES, DES SCIENCES ET DES ARTS.

Classe 12 : *Photographie.* — Applications scientifiques et autres de la photographie...

[1] II *a : Régularisation.* — Régulateurs de vitesse et modérateurs de mouvement. — Régulateurs de pression;

II *b : Graissage.* — Appareils graisseurs et filtres à huile;

II *c : Mesures diverses, contrôle, transmission d'indications à distance, distribution, calcul et enregistrement.* — Manomètres et indicateurs du vide. — Compteurs de tours et tachymètres. — Compteurs de temps et chronographes. — Appareils et machines dynamométriques. — Appareils divers de précision, de mesures, de contrôle, de transmission d'indications à distance, de distribution, de calcul et d'enregistrement;

II *d : Pesage.* — Balances, pesons, romaines, bascules et ponts à bascule;

II *e : Essais de matériaux.* — Machines et appareils divers;

II *f : Jaugeage des liquides, des vapeurs et des gaz.* — Anémomètres et appareils de mesure de la vitesse des gaz. — Compteurs d'air, de vapeur, de gaz et de liquides.

[2] III *a : Appareils de levage.* — Crochets, câbles et chaînes. — Moufles et palans. — Crics et vérins. — Treuils, cabestans, grues, ponts roulants, bigues, etc.;

III *b : Appareils de transport.* — Câbles, chaînes, courroies et bandes. — Trottoir roulant et chemins élévateurs;

III *c : Ascenseurs, monte-charges et monte-plats.*

[3] IV *a : Appareils élévatoires.* — Pompes et norias. — Injecteurs, éjecteurs et pulsomètres. — Béliers, hydro-élévateurs, etc.;

IV *b : Machinerie à eau.* — Presses hydrauliques et accumulateurs. — Multiplicateurs et réducteurs de pression. — Distributeurs d'eau comprimée, appareils à pression d'eau, etc.;

IV *c : Canalisations d'eau et accessoires;*

[4] V *a : Ventilateurs et souffleurs;*

V *b : Compresseurs et raréfacteurs;*

V *c : Canalisations d'air, etc., et accessoires;*

V *d : Emplois de l'air comprimé.* — Appareils pneumatiques et transmissions de puissance par le vide ou par l'air comprimé.

[5] VI *a : Secours contre l'incendie et sauvetage.* — Appareils et matériel de premier secours. — Pompes à incendie et matériel à l'usage des sapeurs-pompiers;

VI *b : Prévention des accidents du travail.* — Associations et appareils pour prévenir les accidents de machines.

Classe 13 : *Librairie, etc.* — Collections d'ouvrages formant des bibliothèques spéciales. Revues et autres publications périodiques. Dessins, atlas, albums...

Classe 15 : *Instruments de précision.* — *Monnaies et médailles.* — Appareils et instruments des arts de précision. Machines à calculer. Appareils et instruments de mesure : verniers, vis micrométriques, balances de précision, etc. Instruments et appareils destinés aux laboratoires. Mesures et poids des divers pays. Outillage pour les pesées du métal et pour la vérification du poids et le comptage des monnaies avant leur délivrance...

Classe 16 : *Médecine et chirurgie.* — Appareils de gymnastique médicale. Instruments destinés à la pratique de l'art dentaire. Appareils de secours aux asphyxiés...

Classe 18 : *Matériel de l'art théâtral.* — Dispositions pour éviter les incendies et pour les combattre. Machines : treuils, tambours, chariots; chemins de vols...

QUATRIÈME GROUPE. — MATÉRIEL ET PROCÉDÉS GÉNÉRAUX DE LA MÉCANIQUE.

Classe 19 : *Machines à vapeur.* — Accessoires des chaudières. Appareils d'alimentation. Condensation. Canalisations de vapeur; joints; robinetterie, tuyauterie. Régulateurs et modérateurs. Appareils de graissage et accessoires. Procédés d'essai et de contrôle des appareils à vapeur. Associations de propriétaires d'appareils à vapeur...

Classe 20 : *Machines motrices diverses.* — Accessoires des récepteurs hydrauliques et des machines à air chaud, à gaz, à pétrole, à air comprimé ou raréfié, à acide carbonique, à ammoniaque. Machines à colonne d'eau...

Classe 22 : *Machines-outils.* — Matériel de contrôle et de vérification : calibres, jauges, pieds à coulisse, palmers, comparateurs, vérificateurs de la régularité des formes et des dimensions...

CINQUIÈME GROUPE. — ÉLECTRICITÉ.

Classe 23 : *Production et utilisation mécaniques de l'électricité.* — Applications mécaniques diverses : ascenseurs, treuils, grues, cabestans, ponts roulants, touage magnétique...

Classe 27 : *Applications diverses de l'électricité.* — Appareils scientifiques et instruments de mesure. Indicateurs et enregistreurs à distance pour des phénomènes de toute nature...

SIXIÈME GROUPE. — GÉNIE CIVIL. MOYENS DE TRANSPORT.

Classe 28 : *Matériaux, matériel et procédés du génie civil.* — Méthodes d'essai des matériaux de construction. Travail des matériaux de construction : outillage et procédés. Matériel et procédés des travaux de terrassements : dragues. Matériel et procédés des travaux de fondations : appareils pneumatiques. Matériel et procédés pour le transport et le bardage des matériaux. Matériel et procédés des distributions d'eau. Matériel et procédés de la télégraphie pneumatique...

Classe 29 : *Modèles, plans et dessins de travaux publics.* — Navigation intérieure : ascenseurs, usines élévatoires, touage et halage mécanique, outillage d'exploitation des ports fluviaux. Ports maritimes : ponts mobiles; outillage d'exploitation. Travaux d'alimentation en eau et d'assainissement des villes. Réseaux de télégraphie à l'air comprimé. Publications diverses relatives aux travaux publics. Travaux de l'Exposition universelle de 1900...

Classe 30 : *Carrosserie et charronnage.* — Voitures à moteur mécanique. Vélocipèdes. Pièces détachées, produits et inventions se rattachant à la vélocipédie...

Classe 32 : *Matériel des chemins de fer et tramways.* — Chemins de fer à voie normale ou à voie étroite. Superstructure : chariots roulants, bascules, alimentation d'eau. Matériel et traction : freins

continus; appareils de mesure, dynamomètres, enregistreurs divers; laboratoires. Exploitation : dispositifs et outillage pour la manutention des marchandises. Chemins de fer de systèmes divers : plates-formes mobiles. Tramways : appareils de freinage; appareils producteurs de travail emmagasiné (air comprimé, etc.). Bibliographie : publications diverses relatives aux chemins de fer...

Classe 33 : *Matériel de la navigation de commerce.* — Outillage des chantiers de constructions navales et des ateliers de construction des machines marines. Accessoires des appareils moteurs des navires et bateaux : pompes diverses, régulateurs du mouvement, indicateurs du sens de la marche et de la vitesse, compteurs de tours, etc. Dispositions préventives des incendies dans les soutes, les cales de chargement et les emménagements. Machines à bord pour la manœuvre et pour la manutention des marchandises. Armement : treuils, palans, chaînes, aussières, grelins, etc.; appareils de ventilation. Matériel pour le sauvetage des personnes. Sociétés de sauvetage. Publications diverses relatives à la navigation de commerce...

Classe 34 : *Aérostation.* — Aérostation militaire : treuils d'ascension...

SEPTIÈME GROUPE. — AGRICULTURE.

Classe 35 : *Matériel et procédés des exploitations rurales.* — Desséchements, irrigations. Pompes. Appareils de pesage...

Classe 36 : *Matériel et procédés de la viticulture.* — Matériel des chais et des caves...

Classe 37 : *Matériel et procédés des industries agricoles.* — Huileries...

Classe 38 : *Agronomie.* — *Statistique agricole.* — Stations agronomiques et laboratoires agricoles : outillage...

HUITIÈME GROUPE. — HORTICULTURE ET ARBORICULTURE.

Classe 43 : *Matériel et procédés de l'horticulture et de l'arboriculture.* — Appareils d'arrosage, jets d'eau...

NEUVIÈME GROUPE. — FORÊTS. CHASSE. PÊCHE. CUEILLETTES.

Classe 54 : *Engins, instruments et produits des cueillettes.* — Caoutchouc ; gutta-percha...

DIXIÈME GROUPE. — ALIMENTS.

Classe 55 : *Matériel et procédés des industries alimentaires.* — Machines et appareils frigorifiques...

ONZIÈME GROUPE. — MINES ET MÉTALLURGIE.

Classe 63 : *Exploitation des mines, minières et carrières.* — Installations pour la compression de l'air. Machines pour l'extraction des produits de la mine et pour la descente des remblais. Machines et appareils pour la descente et la remonte des ouvriers. Machines et pompes d'épuisement. Ventilateurs. Lampes de sûreté. Parachutes et autres appareils de sécurité. Appareils de sauvetage. Matériel de manutention des produits extraits : plans inclinés, chaînes flottantes, câbles et tramways aériens; installations de chargement des wagons ou bateaux, etc. Outillage spécial d'exploitation des mines de sel, des gîtes pétrolifères, etc. Appareils à agglomérer les combustibles. Plans d'exploitation de mines. Publications diverses relatives à l'exploitation des mines...

Classe 64 : *Grosse métallurgie.* — Souffleries; presses à forger; fabrication des tubes soudés ou sans soudure...

Classe 65 : *Petite métallurgie.* — Outillage de forge, de chaînerie. Robinetterie. Câbles métalliques. Chaînes. Tuyaux et tubes étirés en divers métaux. Poulies et moufles...

DOUZIÈME GROUPE. — DÉCORATION ET MOBILIER DES ÉDIFICES PUBLICS ET DES HABITATIONS.

Classe 73 : *Cristaux, verrerie.* — Appareils de soufflage. Appareils en verre à l'usage des sciences...

Classe 74 : *Appareils et procédés du chauffage et de la ventilation.* — Ventilateurs et déplacenrs d'air. Instruments de mesure et de contrôle : anémomètres; manomètres pour la mesure des faibles pressions gazeuses et pour celle du niveau de l'eau dans les circulations; appareils pour la mesure du débit des conduites de vapeur; appareils enregistreurs de toute nature. Appareils de réglage et de distribution : régulateurs de tirage; régulateurs de pression; robinetterie spéciale...

TREIZIÈME GROUPE. — FILS, TISSUS, VÊTEMENTS.

Classe 76 : *Matériel et procédés de la filature et de la corderie.* — Appareils d'épreuves et de contrôle...

Classe 81 : *Fils et tissus de lin, de chanvre, etc.* — *Produits de la corderie.* — Câbles et cordes...

QUATORZIÈME GROUPE. — INDUSTRIE CHIMIQUE.

Classe 87 : *Arts chimiques et pharmacie.* — Appareils et instruments destinés aux essais industriels et commerciaux. Matériel des fabriques de bougies. Matériel et procédés de la fabrication des caoutchoucs pour l'industrie, des succédanés du caoutchouc et des objets de gutta-percha. Appareils et procédés pour la compression des gaz. Caoutchouc pour industrie; gutta-percha...

Classe 88 : *Fabrication du papier.* — Papiers employés dans la construction des machines et engins mécaniques...

Classe 89 : *Cuirs et peaux.* — Matériel et procédés de la tannerie, de la corroirie, de la mégisserie, et, en général, des diverses préparations auxquelles sont soumis les cuirs et peaux. Cuirs tannés. Cuirs tannés et corroyés...

QUINZIÈME GROUPE. — INDUSTRIES DIVERSES.

Classe 96 : *Horlogerie.* — Appareils de mesure. Compteurs divers...

Classe 99 : *Industrie du caoutchouc, de la gutta-percha, etc.* — Produits généraux de l'industrie du caoutchouc et de la gutta-percha...

SEIZIÈME GROUPE. — ÉCONOMIE SOCIALE. HYGIÈNE, ASSISTANCE PUBLIQUE.

Classe 105 : *Sécurité des ateliers.* — *Réglementation du travail.* — Risques inhérents aux diverses professions industrielles. Statistique des accidents. Lois et règlements sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements industriels. Influence de ces lois et règlements sur la santé et la sécurité des travailleurs. Inspection du travail dans les manufactures et ateliers ..

Classe 111 : *Hygiène.* — Application des règles de l'hygiène aux procédés de ventilation. Hygiène des ateliers. Travaux d'amenée d'eau dans les villes...

DIX-SEPTIÈME GROUPE. — COLONISATION.

Classe 114 : *Matériel colonial.* — Outillages divers spéciaux aux pays en voie de colonisation...

Classe 115 : *Produits spéciaux destinés à l'exportation dans les colonies.* — Manutention des marchandises spéciales à la consommation dans les pays à coloniser...

DIX-HUITIÈME GROUPE. — ARMÉES DE TERRE ET DE MER.

Classe 116 : *Armement et matériel de l'artillerie.* — Matériel des arsenaux et fabriques d'armes de guerre. Matériel d'artillerie...

Classe 117 : *Génie militaire et services y ressortissant.* — Matériel du génie...

Classe 118 : *Génie maritime.* — *Travaux hydrauliques.* — *Torpilles.* — Appareils auxiliaires des navires de guerre. Outillage des arsenaux. Sauvetage maritime...

Classe 121 : *Hygiène et matériel sanitaire des armées de terre et de mer.* — Matériel d'évacuation des blessés...

Annexe n° II.

CLASSEMENT

PAR SPÉCIALITÉS, ET PAR PAYS DANS CHAQUE SPÉCIALITÉ, DES PRINCIPALES CONTRIBUTIONS SOUMISES EN 1900 AU JURY DE LA CLASSE 21 PAR LES EXPOSANTS HORS CONCOURS OU RÉCOMPENSÉS DE CETTE CLASSE.

N. B. — Il convient de faire observer, au sujet de chacune des Sections de la présente liste :

1° Que les exposants dont la mention est précédée d'un astérisque simple sont ceux dont la contribution principale était plus particulièrement applicable à une ou à plusieurs autres catégories d'appareils;

2° Que ceux dont le nom est accompagné d'un astérisque double se trouvent être, dans notre Rapport, l'objet d'une mention d'ensemble ou plus spéciale au titre de la Section correspondante ainsi qu'à celui d'une ou de plusieurs autres Sections de la Classe;

3° Que chacun des noms mis en cause est suivi du rappel de la page ou des pages ci-dessus où sont indiquées la participation de l'exposant visé ainsi que la récompense dont il a été l'objet dans la Classe des appareils divers de la Mécanique générale;

4° Que les renvois mutuels ou complémentaires de Section à Section par lesquels se terminent un grand nombre d'alinéas ont la signification suivante :

I *a*. Organes rigides de transmission mécanique : pages 126 à 128;
I *b*. Organes souples de transmission mécanique : p. 128 à 130.

II *a*. Appareils de régularisation du mouvement des machines : pages 131 et 132;
II *b*. Appareils de graissage : p. 132 et 133;
II *c*. Appareils de mesures diverses, de contrôle, de transmission d'indications à distance, de distribution, de calcul et d'enregistrement : p. 133 à 135;
II *d*. Appareils de pesage : p. 135 et 136;
II *e*. Machines et appareils pour les essais de matériaux : p. 136 et 137;
II *f*. Appareils pour le jaugeage des liquides, des vapeurs et des gaz : p. 137 et 138.

III *a*. Appareils de levage : pages 138 à 140;
III *b*. Appareils de transport : p. 140 et 141;
III *c*. Ascenseurs, monte-charges et monte-plats : p. 141 et 142.

IV *a*. Appareils hydrauliques élévatoires : pages 142 à 145;
IV *b*. Machinerie à eau : p. 146;
IV *c*. Canalisations d'eau et accessoires : p. 146 à 148.

V *a*. Ventilateurs et souffleurs : pages 148 et 149;

V *b*. Compresseurs et raréfacteurs : p. 149 et 150;
V *c*. Canalisations d'air, etc., et accessoires : p. 150 et 151;
V *d*. Emplois de l'air comprimé : p. 151 et 152.

VI *a*. Matériel de secours contre l'incendie et de sauvetage : pages 152 à 155;
VI *b*. Prévention des accidents du travail : p. 155 et 156.

Section I. — Organes de transmission mécanique.

a : Appareils rigides. — *b* : Organes souples.

I *a*. — Appareils rigides.

Chaises-supports, paliers et arbres de transmission. — Manchons d'accouplement, embrayages et débrayages. — Engrenages et transmissions par frottement. — Poulies. — Renvois, changements de vitesse et transmissions intermédiaires.

FRANCE.

MM. Guilliet et fils, à Auxerre : page 11. — Paliers, engrenages, poulies et transmissions intermédiaires. (Voir aussi I *b*.)

M. **A. Piat et ses fils, à Paris : p. 11, 55 et 112. — Paliers, supports, manchons d'accouplement, embrayages, poulies, engrenages, renvois, réducteurs de vitesse, etc. (Voir également III *a* et *b*, et VI *b*.)

**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : p. 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir aussi I *b* et II à VI.)

M. **Jules Gustin fils aîné, à Deville (Ardennes) : p. 15, 49 et 62. — Paliers, poulies et embrayage. (Voir également II *b* et III *a*.)

M. Jules Moisy, à Paris : p. 18, 86 et 113. — Cônes et disques. (Voir aussi I *b*, IV *a* et *b*, et VI *a*.)

M. **Émile Chouanard, à Paris : p. 18, 49 et 63. — Arbres, renvois et chaises. (Voir également II *b* et *c*, et III *a*.)

M. Lucien Neu, à Lille : p. 19. — Palier.

M. Martial Bourguet, à Paris : p. 19. — Poulies.

M. Cohu, à Paris : p. 19. — Poulies.

M. Antoine Brancher, à Paris : p. 19 et 114. — Poulies, embrayages et transformateur de vitesse. (Voir aussi VI *b*.)

M. **Dominique-A. Casalonga, à Paris : p. 22 et 46. — Palier. (Voir également II *f*.)

M. **Jules Bonnaffous, à Paris : p. 22 et 65. — Poulies, embrayage et manchon d'accouplement. (Voir aussi III *a*.)

MM. Champenois-Rambeaux et Cie, à Cousances-aux-Forges (Meuse) : p. 23, 88 et 114. — Poulies. (Voir également IV *a* et VI *a*.)

M. Laurent Boachon, à Paris : p. 23. — Poulies.

MM. Amelin et Renaud, à Paris : p. 24. — Manchons pour l'industrie textile. (Voir aussi I *b*.)

M. A. Delafraye, à Marissel-les-Beauvais (Oise) : p. 24, 67 et 114. — Manchons pour l'industrie textile. (Voir également I *b*, III *a* et VI *b*.)

M. A. Tournache, à Paris : p. 24. — Manchons pour l'industrie textile. (Voir aussi I *b*.)

MM. Burnouf et Palleau, à Étréchy (Seine-et-Oise) : p. 25. — Manchons d'accouplement, bagues de butée, paliers et poulies.

M. L. Bougouin, à Paris : p. 25. — Paliers, boîtes et coussinets.

M. Anatole Molé, à Laval : p. 25. — Embrayage.

M. Léon Fontaine, à Paris : p. 25. — Poulies.

MM. Régy frères, à Paris : p. 25. — Poulies.

MM. A. Rossel-Wetzel et fils, à Sochaux (Doubs) : p. 25 et 89. — Engrenages en cuir et cuirs mécaniques divers. (Voir également I *b*, et IV *a* et *b*.)

MM. E. Tournier et Cie, à Lyon : p. 25. — Cônes de friction. (Voir aussi I *b*.)

*Association des industriels de France contre les accidents du travail, à Paris : p. 26, 66 et 104. — Dispositifs protecteurs et de prévention d'accidents, applicables à divers organes de transmission. (Voir également I *b*, III *a* et *c*, et VI *b*.)

M. *Léandre Mégy, à Paris : p. 26 et 61. — Embrayages. (Voir aussi III *a* et *c*.)

M. *A. Brousset, à Nogent-sur-Marne (Seine) : p. 26, 40, 82 et 109. — Mouvement d'entraînement, pédale, valet de serrage et harnais à deux vitesses. (Voir également II *b* et *d*, IV *a* et VI *b*.)

*Société anonyme pour l'exploitation d'engins graisseurs à alimentation pneumatique, à Paris : p. 26 et 45. — Paliers et poulies. (Voir aussi II *b*.)

M. *L.-C. Girodias, à Paris : p. 27 et 83. — Engrenages. (Voir également IV *a*.)

M. *Hébert, à Paris : p. 27 et 97. — Roues à dentures partielles. (Voir aussi I *b* et V *a*.)

ALLEMAGNE.

**Société par actions de constructions mécaniques de Berlin-Anhalt, à Berlin et Dessau : p. 11, 32 et 55. — Paliers, arbres, manchons d'accouplement, embrayages, poulies, etc. (Voir également I *b*, II *b* et III *b*.)

MM. Friedrich Stolzenberg et Cie, à Berlin-Reinickendorf : p. 15. — Engrenages et réducteurs de vitesse.

MM. Frantz Pretzel et Cie, à Berlin : p. 16, 49, 86 et 113. — Disques et cônes. (Voir aussi I *b*, II *b* et *c*, IV *a*, *b* et *c*, et VI *a* et *b*.)

M. Rudolph Chillingworth, à Nuremberg : p. 19, 87, 99 et 114. — Poulies. (Voir également IV *c*, V *c* et VI *b*.)

MM. J. Kaulhausen et fils, à Aix-la-Chapelle : p. 20. — Manchons de filatures, etc. (Voir aussi I *b*.)

MM. *Schaeffer et Budenberg, à Magdebourg-Buckau : p. 26, 36, 67, 86, 98 et 113. — Poulies. (Voir également II *a*, *b*, *c*, *d*, et *f*, III *a*, IV *a* et *c*, V *a* et *c*, et VI *a* et *b*.)

AUTRICHE.

Maison Rohrboeck, à Vienne : p. 19. — Poulies.

BELGIQUE.

Société anonyme des anciens établissements Léon Lobet, à Verviers : p. 23 et 88. — Manchons pour l'industrie textile. (Voir aussi I *b* et IV *b*.)

DANEMARK.

MM. *Borch et Henriksen, à Copenhague : p. 27, 44 et 67. — Mécanismes pour graisseurs. (Voir également II *b* et III *a*.)

ÉTATS-UNIS.

Rice Gear Co, à Hartford : p. 19. — Engrenages.

American Steel Pulley Co, à Chicago : p. 19. — Poulies.

M. Hugo Bilgram, à Philadelphie : p. 22. — Engrenages.

M. Winkley : p. 25. — Couvercles de coussinets.

Reeves Pulley Co, à Columbus : p. 25. — Poulies et divers.

GRANDE-BRETAGNE.

Maison Mossberg Roller Bearings, limited, à Londres : p. 18. — Paliers.
Roller Bearings C°, limited, à Westminster : p. 22. — Paliers.
Dodge manufacturing C°, limited, à Toronto (Canada) : p. 23. — Poulies.

HONGRIE.

MM. Mátrai, Feik et Cie, à Budapest : p. 23. — Poulies.

ITALIE.

MM. A. Massoni et Moroni, à Schio : p. 20. — Manchons pour l'industrie textile. (Voir également I *b*.)

SERBIE.

M. Kleritch, à Belgrade : p. 25. — Embrayage.

SUÈDE.

*Société anonyme «Centrator», à Stockholm : p. 26 et 93. — Transformateurs de vitesse. (Voir aussi V *a*.)

SUISSE.

*Société Escher Wyss et Cie, à Zurich : p. 26 et 72. — Manchons d'accouplement. (Voir également IV *a*.)
*Société anonyme, ci-devant Joh. Jacob Rieter et Cie, à Winterthur : p. 26 et 39. — Manchons de friction. (Voir aussi II *a* et II *c*.)

I *b*. — Organes souples.

Courroies, câbles, cordes, chaînes et arbres flexibles de transmission.

FRANCE.

MM. A. Domange et fils, à Paris : page 12. — Courroies et divers.
M. Fortier-Beaulieu jeune, à Roanne : p. 13. — Courroies.
MM. L. François, A. Grellou et Cie, à Paris : p. 13. — Courroies.
MM. Guilliet et fils, à Auxerre : p. 11. — Courroies. (Voir également I *a*.)
M. Guillaume-L. Krempp, à Paris : p. 13. — Machines pour la fabrication des courroies.
Maison Veuve Placide Peltereau le Jeune frère, à Château-Renault (Indre-et-Loire) : p. 14. — Courroies et divers.
M. Ch. Poullain-Beurier, à Paris : p. 14. — Courroies, cordes et divers.
**Société industrielle des téléphones, à Paris : p. 14, 55, 86, 98 et 112. — Courroies. (Voir aussi III *b*, IV *c*, V *c* et VI *a* et *b*.)
Société de la Commission des ardoisières d'Angers, Larivière et Cie : p. 15 et 66. — Câbles. (Voir également III *a*, *b* et *c*.)
MM. Saint frères, à Paris : p. 15. — Câbles.
**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : p. 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir aussi I *a* et II à VI.)
M. Henri Chartran, à Paris : p. 17. — Courroies et lanières.
M. Léon Leverd-Drieux, à Lille : p. 18 et 86. — Courroies et divers. (Voir également IV *b*.)

M. Jules Moisy, à Paris : p. 18, 86 et 113. — Courroies. (Voir aussi I *a*, IV *a* et *b*, et VI *a*.)

MM. Saint-Cric et Debray, à Ivry-Port (Seine) : p. 18. — Courroies.

M. Charles Sébin fils, à Paris : p. 18 et 67. — Chaînes. (Voir également III *a* et *b*.)

M. Armand Janet, à Paris : p. 19 et 114. — Arbres flexibles. (Voir aussi VI *b*.)

M. Ernest Masson fils, à Paris : p. 21 et 87. — Courroies et divers. (Voir également IV *b*.)

M. Pol Chevallier, à Longeville (Meuse) : p. 21. — Courroies et lanières.

M. Jules de Tayrac, à Lille : p. 21. — Courroies et divers.

MM. Arcis, Long et Cie, à Lyon-Villeurbanne (Rhône) : p. 21, 87 et 113. — Courroies, câbles et divers. (Voir aussi IV *a* et VI *a*.)

M. Ernest Benoit, à Paris : p. 21 et 67. — Chaînes. (Voir également III *a* et *b*.)

M. **Charles Rudolph, à Paris : p. 22, 84, 97 et 114. — Arbres flexibles. (Voir aussi IV *c*, V *c* et VI *a*.)

MM. Amelin et Renaud, à Paris : p. 24. — Courroies, cordes, etc. (Voir également I *a*.)

M. A. Delafraye, à Marissel-les-Beauvais : p. 24, 67 et 114. — Courroies, lanières, cordes et câbles. (Voir aussi I *a*, III *a* et VI *b*.)

M. A. Tournache, à Paris : p. 24. — Courroies, lanières et cordes. (Voir également I *a*.)

Mme Veuve Georges Jager, à Montpellier : p. 24. — Cordes en boyaux.

M. Letellier-Collet, à Paris : p. 24. — Cordes en boyaux.

MM. **A. Sainte et Cie, à Paris : p. 24 et 45. — Chaînes. (Voir aussi II *c*.)

MM. A. Rossel-Wetzel et fils, à Sochaux (Doubs) : p. 25 et 89. — Courroies. (Voir également I *a*, et IV *a* et *b*.)

MM. É. Perrot et Cie, à Bellegarde (Ain) : p. 25. — Courroies.

MM. E. Tournier et Cie, à Lyon : p. 25. — Courroies. (Voir aussi I *a*.)

*Association des industriels de France contre les accidents du travail, à Paris : p. 26, 66 et 104. — Dispositifs protecteurs et de prévention d'accidents, applicables à divers organes de transmission. (Voir également I *a*, III *a* et *c*, et VI *b*.)

M. *Hébert, à Paris : p. 27 et 97. — Transmission par chaîne. (Voir aussi I *a* et V *a*.)

MM. *Risacher et Hébert, à Paris : p. 27 et 47. — Transmissions par arbres flexibles. (Voir également II *b*.)

ALLEMAGNE.

**Société par actions de constructions mécaniques de Berlin-Anhalt, à Berlin et Dessau : p. 11, 32 et 55. — Commandes par câbles et par courroies. (Voir aussi I *a*, II *b* et III *b*.)

MM. Frantz Pretzel et Cie, à Berlin : p. 16, 49, 86 et 113. — Courroies, lanières, cordes, etc. (Voir également I *a*, II *b* et *c*, IV *a*, *b* et *c*, et VI *a* et *b*.)

M. Otto Gehrckens, à Hambourg : p. 17, 86 et 113. — Courroies, cordes, etc.; commandes par courroies. (Voir aussi IV *b* et VI *b*.)

MM. Ad. Schwartz et Cie, à Berlin : p. 20, 49, 87 et 99. — Courroies. (Voir également II *b*, IV *a* et V *c*.)

MM. J. Kaulhausen et fils, à Aix-la-Chapelle : p. 20. — Courroies et lanières. (Voir aussi I *a*.)

Société en commandite Fr. Moeller, à Brackwede : p. 23. — Courroies.

BELGIQUE.

Maison Veuve J. Lechat et Cie, à Gand : p. 16. — Courroies et divers.

MM. E. Decq et Cie, à Bruxelles : p. 23. — Courroies, lanières, etc.

Société anonyme des anciens établissements Léon Lobet, à Verviers : p. 23 et 88. — Courroies, lanières et cordes. (Voir également I *a* et IV *b*.)

IMPRIMERIE NATIONALE.

ÉTATS-UNIS.

MM. Chas. A. Schieren et Cie, à New York : p. 17 et 86. — Courroies, etc. (Voir aussi IV *a*.)

**Jeffrey Manufacturing Co, à Columbus : p. 24, 65 et 88. — Chaînes. (Voir également III *b* et IV *a*.)

GRANDE-BRETAGNE.

M. D.-K. Mac Laren, à Montréal (Canada) : p. 20. — Courroies.

MM. Sampson et Cie, limited, à Stroud : p. 20. — Courroies.

Rossendale Belting Co, à Manchester : p. 25. — Courroies.

**Frictionless Engine Packing Co, limited, à Manchester : p. 26 et 47. — Courroies. (Voir aussi II *b*.)

HONGRIE.

MM. Margulies et Cie, à Budapest : p. 25. — Courroies.

ITALIE.

MM. Durio frères, à Turin : p. 20. — Courroies.

MM. A. Massoni et Moroni, à Schio : p. 20. — Courroies. (Voir également I *a*.)

JAPON.

M. Tch. Nitta, à Osaka : p. 20. — Courroies.

MEXIQUE.

M. Lessange, à Mexico : p. 25. — Courroies.

RUSSIE.

M. Joseph Wegner, à Varsovie : p. 23. — Courroies.

M. Gustave Branasky, à Odessa : p. 24 et 88. — Courroies. (Voir aussi IV *a* et *b*.)

M. N.-W. Dmitrieff, à Moscou : p. 25. — Courroies.

SUISSE.

M. J. Delacroixriche, à Genève : p. 21. — Cordes et câbles.

M. **H. Wernecke, à Staefa : p. 23, 88, 99 et 110. — Courroies. (Voir également IV *c*, V *c* et VI *a*.)

M. Robert Suter, à Thayngen : p. 25 et 115. — Courroies. (Voir aussi VI *a*.)

Section II. — Appareils pour la régularisation du mouvement et de la pression, pour le graissage, et pour les observations et mesures de l'ordre de la mécanique générale.

a : Régularisation. — *b :* Graissage. — *c :* Mesures diverses, contrôle, transmission d'indications à distance, distribution, calcul, enregistrement. — *d :* Pesage. *e :* Essais de matériaux.
f : Jaugeage des liquides, des vapeurs et des gaz.

II *a*. — Régularisation.

Régulateurs de vitesse et modérateurs de mouvement. — Régulateurs de pression.

FRANCE.

M. Henri Parenty, à Lille : page 30. — Régulateurs de pression du gaz, combustibilimètre, appareils pour épuisement méthodique des tabacs, etc. (Voir également II *f*.)

MM. J. Digeon et fils aîné, à Paris : p. 33. — Régulateur de pression du gaz. (Voir aussi II *c*, *d*, *e* et *f*.)

**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : p. 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir également II *b* à *f*, I, et III à VI.)

MM. G. Lallemant et E. Journaux, à Arnay-sous-Vitteaux et Marigny-le-Cahouet (Côte-d'Or) : p. 44 et 114. — Régulateur pour usines hydrauliques. (Voir aussi VI *b*.)

MM. Ollivier et Cie, à Paris : p. 44 et 114. — Régulateurs et détendeurs de pression des liquides, des vapeurs et des gaz. (Voir également II *e* et VI *b*.)

MM. L. Protais et Cie, à Paris : p. 45. — Régulateur de pression pour autoclaves. (Voir aussi II *c*.)

MM. *Émile Salmson et Cie, à Paris : p. 49, 67, 79 et 99. — Régulateurs pour moteurs à air comprimé. (Voir également III *c*, IV *a* et V *d*.)

*Société d'entreprise générale de distributions et de concessions d'eau, de gaz et de travaux publics, à Paris : p. 49, 77, 99 et 113. — Régulateurs par air comprimé. (Voir aussi II *f*, IV *a* et *c*, V *d* et VI *a*.)

ALLEMAGNE.

MM. Schaeffer et Budenberg, à Magdebourg-Buckau : p. 26, 36, 67, 86, 98 et 113. — Régulateurs de vitesse. (Voir également I *a*, II *b*, *c*, *d* et *f*, III *a*, IV *a* et *c*, V *a* et *c*, et VI *a* et *b*.)

M. Hans Reisert, à Cologne : p. 47, 89 et 115. — Régulateurs de pression de vapeur. (Voir aussi II *b*, *c* et *f*, IV *a* et VI *b*.)

ÉTATS-UNIS.

«Monarch» Governor and Machine C°, à Indianapolis : p. 39. — Régulateurs de vitesse.

Fisher Governor C°, à Marshalltown : p. 43 et 88. — Valves régulatrices pour pompes. (Voir également IV *a*.)

Locke Regulator C°, à Salem : p. 47 et 89. — Soupapes régulatrices pour pompes. (Voir aussi IV *a*.)

*Ingersoll-Sergeant Drill C°, à New York : p. 48 et 93. — Réglage de la pression de l'air. (Voir également V *b*, *c* et *d*.)

*Rand Drill C°, à New York : p. 49 et 93. — Réglage de la pression de l'air. (Voir aussi V *b*, *c* et *d*.)

SUISSE.

Société anonyme, ci-devant Joh. Jacob Rieter et Cie, à Winterthur : p. 26 et 39. — Régulateurs à force centrifuge et à frein hydraulique ou électrique. (Voir également I *a* et II *c*.)

II *b*. — Graissage.

Appareils graisseurs et filtres à huile.

FRANCE.

M. Édouard Bourdon, à Paris : pages 30 et 85. — Graisseurs et distributeurs pour huile. (Voir aussi II *c* et *e*, et IV *b*.)

M. Henry Hamelle, à Paris : p. 31. — Graisseurs, distributeurs et filtre pour huile.

MM. **Muller et Roger, à Paris : p. 31, 70, 98 et 112. — Graisseurs divers. (Voir également IV *a* et *c*, V *c* et VI *a*.)

Société générale des huiles et fournitures industrielles, à Paris : p. 32, 86 et 98. — Graisseurs, distributeurs et filtres à huile. (Voir aussi IV *c* et V *c*.)

**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : p. 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir également II *a* et *c* à *f*, I, et III à VI.)

M. R. Henry, à Paris : p. 39, 87 et 99. — Graisseurs et distributeurs pour huile. (Voir aussi IV *a* et *c*, et V *c*.)

M. **A. Brousset, à Nogent-sur-Marne (Seine) : p. 26, 40, 82 et 109. — Graisseurs et distributeurs pour huile. (Voir également I *a*, II *d*, IV *a* et VI *b*.)

M. Gustave Delettrez, à Levallois-Perret (Seine) : p. 40. — Graisseurs et distributeurs pour graisse consistante.

MM. L. Constant et Cie, à Clichy (Seine) : p. 44. — Graisseurs pour huile et pour graisse consistante.

M. A. Degrémont-Samaden, au Cateau (Nord) : p. 44. — Graisseurs pour huile et pour graisse consistante.

M. Louis Lefebvre, au Pré-Saint-Gervais (Seine) : p. 45. — Graisseurs pour huile et pour graisse consistante.

M. Leroy fils, à Levallois-Perret (Seine) : p. 45. — Graisseurs pour huile et pour graisse consistante.

Société anonyme pour l'exploitation d'engins graisseurs à alimentation pneumatique, à Paris : p. 26 et 45. — Paliers graisseurs. (Voir également I *a*.)

MM. Risacher et Hébert, à Paris : p. 27 et 47. — Graisseurs pour huile et pour graisse consistante; filtres à huile. (Voir aussi I *b*.)

M. J. Mense, à Bordeaux : p. 47. — Graisseurs pour huile.

M. Alfred Philippe, à Paris : p. 47. — Filtres à huile.

M. Jules Delos fils, à Lille : p. 47. — Filtres à huile.

M. *Jules Gustin fils aîné, à Deville (Ardennes) : p. 15, 49 et 62. — Paliers graisseurs et appareil épurateur d'huile. (Voir également I *a* et III *a*.)

M. *Émile Chouanard, à Paris : p. 18, 49 et 63. — Distributeurs d'huile. (Voir aussi I *a*, II *c* et III *a*.)

MM. *L. Dumontant et Cie, à Nice : p. 49 et 80. — Filtre à huile. (Voir également IV *a*.)

M. *Marcel Durozoi, à Paris : p. 49, 81 et 99. — Garniture lubrifiante. (Voir aussi II *f*, IV *a* et V *d*.)

ALLEMAGNE.

**Société par actions de constructions mécaniques de Berlin-Anhalt, à Berlin et Dessau : p. 11, 32 et 55. — Graisseurs divers. (Voir également I *a* et *b*, et III *b*.)

MM. Schaeffer et Budenberg, à Magdebourg-Buckau : p. 26, 36, 67, 86, 98 et 113. — Graisseurs divers. (Voir aussi I *a*, II *a*, *c*, *d* et *f*, III *a*, IV *a* et *c*, V *a* et *c*, et VI *a* et *b*.)

M. Hans Reisert, à Cologne : p. 47, 89 et 115. — Graisseurs pour huile et pour graisse consistante; filtres à huile. (Voir également II *a*, *c* et *f*, IV *a* et VI *b*.)

MM. *Frantz Pretzel et Cie, à Berlin : p. 16, 49, 86 et 113. — Graisseurs divers et garnitures lubrifiantes. (Voir aussi I *a* et *b*, II *c*, IV *a*, *b* et *c*, et VI *a* et *b*.)

MM. *Ad. Schwartz et Cie, à Berlin : p. 20, 49, 87 et 99. — Garniture lubrifiante. (Voir également I *b*, IV *a* et V *c*.)

DANEMARK.

MM. Borch et Henriksen, à Copenhague : p. 27, 44 et 67. — Graisseurs Mollerup. (Voir aussi I *a* et III *a*.)

ÉTATS-UNIS.

**Lunkenheimer Co, à Cincinnati : p. 40 et 82. — Graisseurs divers. (Voir également IV *c*.)

Detroit Lubrikator Co, à Detroit : p. 44. — Graisseurs divers.

GRANDE-BRETAGNE.

MM. J.-F. Braime et Cie, limited : p. 47. — Graisseurs divers.

**Frictionless Engine Packing Co, limited, à Manchester : p. 26 et 47. — Garnitures auto-lubrifiantes. (Voir aussi I *b*.)

MM. A.-C. Wells et Cie, à Saint-Pancras, Londres : p. 47. — Filtres à huile.

NORVÈGE.

MM. Vig et Vraalsen, à Christiania : p. 47. — Graisseur. (Voir également II *c* et *d*.)

II *c*. — Mesures diverses, contrôle, transmission d'indications à distance, distribution, calcul et enregistrement.

Manomètres et indicateurs du vide. — Compteurs de tours et tachymètres. — Compteurs de temps et chronographes. — Appareils et machines dynamométriques. — Appareils divers de précision, de mesures, de contrôle, de transmission d'indications à distance, de distribution, de calcul et d'enregistrement.

FRANCE.

M. Édouard Bourdon, à Paris : pages 30 et 85. — Appareils manométriques, matériel d'étalonnage et de vérification, micromètre diviseur, etc. (Voir aussi II *b* et *e*, et IV *b*.)

M. Paul Garnier, à Paris : p. 32. — Appareils tachymétriques, indicateurs de pression et dynamomètre.

MM. J. Digeon et fils aîné, à Paris : p. 33. — Appareils dynamométriques divers. (Voir également II *a*, *d*, *e* et *f*.)

**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : p. 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir aussi II *a* et *b*, et *d* à *f*, I, et III à VI.)

Administration des chemins de fer de l'État, à Paris : p. 34. — Appareils tachymétrique et dynamométrique.

M. Jules Richard, à Paris : p. 36 et 113. — Appareils manométriques, cinémomètres et chronographes, dynamomètres, appareils de contrôle et de calcul. (Voir également II *e* et *f*, et VI *a*.)

M. Alph. Darras, à Paris : p. 36. — Compteurs de tours, de temps, de contrôle, etc.

M. Charles Fremont, à Paris : p. 38. — Appareils dynamométriques. (Voir aussi II *e*.)

M. J. Ducomet, à Paris : p. 40 et 87. — Appareils manométriques, compteurs de tours, indicateurs de pression, etc. (Voir aussi IV *c*.)

M. H. Daclin, à Lyon : p. 40 et 87. — Appareils manométriques. (Voir également IV *c*.)

M. P. Devaux, à Lyon : p. 41 et 87. — Appareils manométriques. (Voir également IV *c*.)

M. R. Jacquemier, à Paris : p. 41. — Appareils tachymétriques et dynamométriques. (Voir aussi II *d*.)

MM. Chateau père et fils, à Paris : p. 41. — Compteurs de tours et de temps, contrôleurs, appareil de calcul, etc. (Voir également II *f*.)

MM. H. Morin et Gensse, à Paris : p. 41. — Appareils de précision divers. (Voir aussi II *e*.)

M. Paul Marix, à Paris : p. 42. — Appareils de contrôle et d'enregistrement.

M. J. de Janisch, à Paris : p. 42. — Distributeurs automatiques. (Voir également II *d*.)

M. L. Maxant, à Paris : p. 45. — Manomètres et appareils dynamométriques.

MM. L. Protais et Cie, à Paris : p. 45. — Appareils manométriques. (Voir également II *a*.)

MM. **A. Sainte et Cie, à Paris : p. 24 et 45. — Compteurs de tours, d'alternances, etc. (Voir aussi I *b*.)

Société industrielle d'enregistreurs et d'indicateurs de vitesse, à Saint-Étienne : p. 46. — Dromographe, contrôleur de vitesse et contrôleur de marche.

M. Francis Vuaillet, à Saint-Maurice (Seine) : p. 46. — Appareil dynamométrique. (Voir également II *e*.)

M. H. Mignot, à Paris : p. 47. — Appareils manométriques.

M. B. Moullart, à Paris : p. 47. — Appareils manométriques.

M. Ph. Leoni, à Paris : p. 48. — Distributeurs automatiques.

MM. **Schroedter et Cie, à Paris : p. 48 et 112. — Appareil avertisseur. (Voir aussi VI *a*.)

MM. F. Moreau et Cie, à Paris : p. 48. — Plaques indicatrices de machines.

M. *Émile Chouanard, à Paris : p. 18, 49 et 63. — Dynamomètres. (Voir également I *a*, II *b* et III *a*.)

ALLEMAGNE.

MM. Schaeffer et Budenberg, à Magdebourg-Buckau : p. 26, 36, 67, 86, 98 et 113. — Appareils manométriques, compteurs de tours et tachymètres, indicateurs de pression, dynamomètres et appareils de contrôle. (Voir aussi I *a*, II *a*, *b*, *d* et *f*, III *a*, IV *a* et *c*, V *a* et *c*, et VI *a* et *b*.)

M. Carl Schenck, à Darmstadt : p. 37. — Compteurs de tours et d'alternances. (Voir également II *d*.)

M. le docteur Th. Horn, Grosszschocher-Leipzig : p. 41. — Appareils tachymétriques.

Société par actions Siemens et Halske, à Berlin : p. 43, 88, 98 et 113. — Indicateurs de vitesse, ontrôleurs de rondes, etc. (Voir aussi II *f*, IV *c*, V *a* et VI *a*.)

M. C. Bube, à Hanovre : p. 46. — Appareils de mesure.

M. Hans Reisert, à Cologne : p. 47, 89 et 115. — Appareils manométriques. (Voir également II *a*, *b* et *f*, IV *a* et VI *b*.)

MM. *Frantz Pretzel et Cie, à Berlin : p. 16, 49, 86 et 113. — Compte-tours. (Voir aussi I *a* et *b*, II *b*, IV *a*, *b* et *c*, et VI *a* et *b*.)

AUTRICHE.

MM. Heller frères, à Saaz : p. 48. — Appareils de contrôle.

BELGIQUE.

MM. Henri de Marneffe et Cie, à Liège : p. 48. — Ressorts.

ÉTATS-UNIS.

MM. Tinius Olsen et Cie, à Philadelphie : p. 37. — Jauges et micromètres. (Voir également II *e*.)

Ashton Valve C°, à Boston : p. 45 et 88. — Appareils manométriques, compteurs de tours et d'alternances, et indicateurs dynamométriques. (Voir aussi IV *c*.)

Bristol C°, à Waterbury : p. 47. — Manomètres.

GRANDE-BRETAGNE.

MM. J.-J. Stockall et fils, à Londres : p. 42. — Appareils d'enregistrement, de calcul et de comptage.

MM. Geo. Salter et Cie, à West Bromwich : p. 42. — Manomètres, ressorts et dynamomètres. (Voir également II *d*.)

NORVÈGE.

MM. Viig et Vraalsen, à Christiania : p. 47. — Appareils de mesure. (Voir aussi II *b* et *d*.)

PAYS-BAS.

M. F.-J. Hoffman, à la Haye : p. 48. — Appareil contrôleur.

SUISSE.

Société anonyme, ci-devant Joh. Jacob Rieter, à Winterthur : p. 26 et 39. — Appareil dynamométrique. (Voir également I *a* et II *a*.)

MM. Peyer, Favarger et Cie, à Neuchâtel : p. 47. — Indicateurs et enregistreurs de vitesse.

II *d*. — Pesage.

Balances, pesons, romaines, bascules et ponts à bascule.

FRANCE.

MM. J. Digeon et fils aîné : page 33. — Balance hydrostatique de tarage. (Voir aussi II *a*, *c*, *e* et *f*.)

**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : p. 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir également II *a*, *b*, *c*, *e* et *f*, I, et III à VI.)

**Compagnie de Fives-Lille pour constructions mécaniques et entreprises, à Paris : p. 34, 56 et 71. — Bascule densi-volumétrique. (Voir aussi II *f*, III *a* et *c*, et IV *a*.)

M. Edmond Chameroy, à Paris : p. 37, 67 et 87. — Balances, bascules, ponts à bascule et compteurs de passages. (Voir également III *a* et *b*, et IV *c*.)

M. **A. Brousset, à Nogent-sur-Marne (Seine) : p. 26, 40, 82 et 109. — Romaine. (Voir aussi I *a*, II *b*, IV *a* et VI *b*.)

M. R. Jacquemier, à Paris : p. 41. — Balances et bascules. (Voir également II *c*.)

M. J. de Janisch, à Paris : p. 42. — Pèse-lettres. (Voir aussi II *c*.)

Société anonyme de construction des ponts à bascule vérificateurs système P. Guillaumin, à Voiron (Isère) : p. 42. — Balances, bascules, ponts à bascule, compteurs de passages, etc.

MM. Ch. Testut fils et frère, à Paris : p. 46. — Balances et bascules.

ALLEMAGNE.

MM. Schaeffer et Budenberg, à Magdebourg-Buckau : p. 26, 36, 67, 86, 98 et 113. — Pesons. (Voir également I *a*, II *a*, *b*, *c* et *f*, III *a*, IV *a* et *c*, V *a* et *c*, et VI *a* et *b*.)

M. Carl Schenck, à Darmstadt : p. 37. — Bascules, ponts à bascule et compteurs de passages. (Voir aussi II *c*.)

MM. *Mohr et Federhaff, à Mannheim : p. 49 et 61. — Appareils de pesage. (Voir également II *e* et III *a*.)

DANEMARK.

M. J.-J. Kastrup, à Copenhague : p. 46. — Balance.

GRANDE-BRETAGNE.

MM. Geo. Salter et Cie, à West Bromwich : p. 42. — Pesons et balances. (Voir aussi II *c*.)

MM. Wilson et fils, à Toronto (Canada) : p. 42. — Balances.

MM. W. et T. Avery, limited, à Birmingham : p. 46. — Balances.

HONGRIE.

M. G. Fuchs, à Budapest : p. 46. — Bascule.

MEXIQUE.

M. S. Acosta, à Tulancingo : p. 48. — Appareil de pesage.

M. P. Guevara, à Guanajuato : p. 48. — Appareil de pesage.

NORVÈGE.

MM. Vig et Vraalsen, à Christiania : p. 47. — Appareils divers. (Voir également II *b* et *c*.)

PORTUGAL.

M. A.-A. Rodrigues, à Lisbonne : p. 46. — Appareil de pesage.

II *e*. — Essais de matériaux.

Machines et appareils divers.

FRANCE.

M. Édouard Bourdon, à Paris : pages 30 et 85. — Appareils micrométriques. (Voir aussi II *b* et *c*, et IV *b*.)

MM. J. Digeon et fils aîné, à Paris : p. 33. — Appareils pour les essais de traction, de dureté, d'usure, de froissement, de compression, de torsion, de frictométrie, etc. (Voir également II *a*, *c*, *d* et *f*.)

**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : p. 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir aussi II *a*, *b*, *c*, *d* et *f*, I, et III à VI.)

M. Jules Richard, à Paris : p. 36 et 113. — Appareils divers. (Voir également II *c* et *f*, et VI *a*.)

M. Charles Fremont, à Paris : p. 38. — Appareils pour les épreuves de pliage, de cisaillement, de traction, de choc, de compression, de poinçonnage, de flexion, etc. (Voir aussi II *c*.)

M. Léon Delaloe, à Paris : p. 38. — Machines d'essais de traction, de flexion et de compression.

MM. H. Morin et Gensse, à Paris : p. 41. — Aiguilles d'enfoncement et instruments de mesure des échantillons. (Voir également II *c*.)

MM. Ollivier et Cie, à Paris : p. 44 et 114. — Appareils pour les épreuves de traction et de perforation. (Voir aussi II *a* et VI *b*.)

M. Francis Vuaillet, à Saint-Maurice (Seine) : p. 46. — Appareil pour les essais de traction. (Voir également II *c*.)

M. Albin Nivet, à Luxé (Charente) : p. 48. — Appareil pour essais divers.

MM. *Rondet, Schor et Cie, à Paris : p. 49 et 63. — Machines pour essais de traction. (Voir aussi III *a*.)

ALLEMAGNE.

MM. *Mour et Federhaff, à Mannheim : p. 49 et 61. — Machines pour essais divers. (Voir également II *d* et III *a*.)

BELGIQUE.

M. Valère Mabille, à Mariemont : p. 34. — Machines pour les épreuves de traction, de flexion et de compression.

ÉTATS-UNIS.

MM. Tinius Olsen et Cie, à Philadelphie : p. 37. — Machines et appareils pour les mesures d'échantillons, et pour les essais de traction, de compression, de flexion, de frictométrie, de choc, etc. (Voir aussi II *c*.)

HONGRIE.

Société anonyme de constructions mécaniques «Vulkán», à Budapest : p. 43. — Machine pour essais de traction, etc.

II *f*. — Jaugeage des liquides, des vapeurs et des gaz.

Anémomètres et appareils de mesure de la vitesse des gaz. — Compteurs d'air, de vapeur, de gaz et de liquides.

FRANCE.

M. Henri Parenty, à Lille : page 30. — Compteurs de vapeur, d'eau et de gaz. (Voir également II *a*.)

MM. J. Digeon et fils aîné, à Paris : p. 33. — Compteur de vapeur. (Voir aussi II *a*, *c*, *d* et *e*.)

MM. Bariquand et Marre, à Paris : p. 34. — Compteurs d'eau.

M. Louis Bedout, à Cazaubon (Gers) : p. 34. — Compteur densi-volumétrique.

** Société des ingénieurs civils de France, à Paris : p. 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir également II *a* à *e*, I, et III à VI.)

**Compagnie de Fives-Lille pour constructions mécaniques et entreprises, à Paris : p. 34, 56 et 71. — Bascule densi-volumétrique. (Voir aussi II *d*, III *a* et *c*, et IV *a*.)

M. Jules Richard, à Paris : p. 36 et 113. — Compteurs de fluides. (Voir également II *c* et *e*, et VI *a*.)

Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, à Paris : p. 38 et 87. — Compteurs de gaz et compteurs d'eau. (Voir aussi IV *c*.)

Compagnie anonyme continentale pour la fabrication des compteurs à gaz et autres appareils, à Paris : p. 39. — Compteurs de gaz et de liquides.

MM. Chateau père et fils, à Paris : p. 41. — Anémomètre pour ventilateur. (Voir également II *c*.)

Compagnie pour l'éclairage des villes et la fabrication des compteurs et appareils divers, à Paris : p. 46 et 88. — Compteurs d'eau, de gaz et d'air comprimé. (Voir aussi IV *c*.)

M. **D.-A. Casalonga, à Paris : p. 22 et 46. — Compteur d'eau. (Voir également I *a*.)

MM. É. Diligeon et Cie, à Paris : p. 48. — Compteurs d'eau.

M. Maurice Eyquem, à Paris : p. 48. — Compteurs d'eau.

*Société d'entreprise générale de distributions et de concessions d'eau, de gaz et de travaux publics, à Paris : p. 49, 77, 99 et 113. — Compteur d'eau. (Voir aussi II *a*, IV *a* et *c*, V *d* et VI *a*.)

M. *Marcel Durozoi, à Paris : p. 49, 81 et 99. — Compteur d'eau. (Voir également II *b*, IV *a* et V *d*.)

*Compagnie parisienne de l'air comprimé : p. 49, 87 et 95. — Compteurs d'air. (Voir aussi IV *a*, et V *b*, *c* et *d*.)

ALLEMAGNE.

MM. Schaeffer et Budenberg, à Magdebourg-Buckau : p. 26, 36, 67, 86, 98 et 113. — Compteurs d'eau. (Voir également I *a*, II *a*, *b*, *c* et *d*, III *a*, IV *a* et *c*, V *a* et *c*, et VI *a* et *b*.)

Société par actions Siemens et Halske, à Berlin : p. 43, 88, 98 et 113. — Compteurs d'eau. (Voir aussi II *c*, IV *c*, V *a* et VI *a*.)

M. Hans Reisert, à Cologne : p. 47, 89 et 115. — Compteurs d'eau. (Voir également II *a*, *b* et *c*, IV *a* et VI *b*.)

Société Lux'sche Industriewerke, à Ludwigshafen-sur-le-Rhin : p. 48. — Compteur d'eau.

AUTRICHE.

M. A.-C. Spanner, à Vienne : p. 43. — Compteurs d'eau.

DANEMARK.

MM. P.-W. Hallengreen et fils, à Stubbekjöbing : p. 43. — Compteurs de gaz.

ÉTATS-UNIS.

Thomson Meter C°, à Brooklyn : p. 43. — Compteurs d'eau.

Neptune Meter C°, à New York : p. 46. — Compteurs d'eau.

PORTUGAL.

M. A.-P. Bastos, à Lisbonne : p. 43. — Compteur d'eau.

SUÈDE.

Société anonyme «Kontrollkranen», à Stockholm : p. 46. — Robinet compteur et contrôleur.

M. D. Hallbergh, à Stockholm : p. 48. — Compteur d'eau.

Section III. — Machines servant à la manœuvre des fardeaux et pour le transport des personnes.

a : Appareils de levage. — *b* : Appareils de transport.
c : Ascenseurs, monte-charges et monte-plats.

III *a*. — Appareils de levage.

Crochets, câbles et chaînes. — Moufles et palans. — Crics et vérins.
Treuils, cabestans, grues, ponts roulants, bigues, etc.

FRANCE.

Forges de Douai; M. Ch. Cavelier de Mocomble, à Paris; Établissements d'Onnaing (Nord), et Société des accumulateurs Tudor, à Paris, en participation : page 53. — Grues électriques.

M. **Jules Le Blanc, à Paris : p. 54, 70 et 98. — Grue «Titan» électrique. (Voir également III *b*, IV *a*, *b* et *c*, et V *c*.)

MM. Magnard et Cie, à Fourchambault (Nièvre) : p. 55. — Ponts roulants et grues.

M. **A. Piat et ses fils, à Paris : p. 11, 55 et 112. — Treuils. (Voir aussi I *a*, III *b* et VI *b*.)

**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : p. 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir également I et II, III *b* et *c*, et IV à VI.)

**Compagnie de Fives-Lille pour constructions mécaniques et entreprises, à Paris : p. 34, 56 et 71. — Cabestan et grue électriques. (Voir aussi II *d* et *f*, III *c* et IV *a*.)

MM. Daydé et Pillé, à Creil : p. 57 et 86. — Grues «Titan», grues diverses, cabestans et lève-blocs. (Voir également III *b* et IV *b*.)

M. Charles Cavelier de Mocomble, à Paris : p. 53 et 58. — Grues diverses. (Voir aussi III *b* et *c*.)

MM. Caillard et Cie, au Havre : p. 59. — Grues diverses, ponts roulants, treuils et cabestans. (Voir également III *b*.)

M. Léandre Mégy, à Paris : p. 26 et 61. — Grue, treuil, tire-sacs, pont et chariot roulants. (Voir aussi I *a* et III *c*.)

M. **Jules Gustin fils aîné, à Deville (Ardennes) : p. 15, 49 et 62. — Palans, treuils, crics, sonnettes, ponts roulants et grue. (Voir également I *a* et II *b*.)

M. **Émile Chouanard, à Paris : p. 18, 49 et 63. — Crochets, treuils et vérins. (Voir aussi I *a* et II *b* et *c*.)

Maison Veuve Bernier et Cie, à Paris : p. 63. — Treuil et grues roulantes. (Voir également III *c*.)

M. E. Lorin, à Doulaincourt (Haute-Marne) : p. 63. — Chaînes, palans, treuils, grues, chariots et ponts roulants.

MM. Rondet, Schor et Cie, à Paris : p. 49 et 63. — Grues diverses. (Voir aussi II *e*.)

MM. A. Salin et Cie, à Dammarie-sur-Saulx (Meuse) : p. 63. — Grue pivotante.

M. **Jules Bonnaffous, à Paris : p. 22 et 65. — Grues électriques et treuils divers. (Voir également I *a*.)

M. E. Augé, à Paris : p. 65. — Grue à vapeur sur pylône roulant et grues électriques.

MM. Coupé et Hugot, à Clichy (Seine) : p. 65. — Grues à bras roulantes.

MM. Giraud et Cie, à Doulaincourt (Haute-Marne) : p. 66. — Appareils divers.

M. J.-B. Sarazin, à Chailly-en-Brie (Seine-et-Marne) : p. 66. — Treuil à main.

*Société de la Commission des ardoisières d'Angers, Larivière et Cie : p. 15 et 66. — Câbles pour appareils de levage. (Voir aussi I *b* et III *b* et *c*.)

*Association des industriels de France contre les accidents du travail, à Paris : p. 26, 66 et 104. — Dispositifs protecteur et de prévention d'accidents pour appareils de levage. (Voir également I *a* et *b*, III *c*, et VI *b*.)

M. *Edmond Chameroy, à Paris : p. 37, 67 et 87. — Poulain de déchargement. (Voir aussi II *d*, III *b* et IV *c*.)

M. *Charles Sébin fils, à Paris : p. 18 et 67. — Chaînes pour appareils de levage. (Voir également I *b* et III *b*.)

MM. *Sautter, Harlé et Cie, à Paris : p. 67, 74 et 93. — Appareils de levage électriques et à main. (Voir aussi IV *a* et V *a* et *b*.)

M. *Ernest Benoit, à Paris : p. 21 et 67. — Chaînes pour appareils de levage. (Voir également I *b* et III *b*.)

M. *A. Delafraye, à Marissel-les-Beauvais (Oise) : p. 24, 67 et 114. — Câbles pour engins de levage. (Voir aussi I *a* et *b*, et VI *b*.)

ALLEMAGNE.

M. Carl Flohr, à Berlin : p. 57. — Pont roulant à portique.

MM. Mohr et Federhaff, à Mannheim : p. 49 et 61. — Grue portique roulante. (Voir également II *d* et *e*.)

MM. *Schaeffer et Budenberg, à Magdebourg-Buckau : p. 26, 36, 67, 86, 98 et 113. — Poulies différentielles et chaînes. (Voir aussi I *a*, II *a*, *b*, *c*, *d* et *f*, IV *a* et *c*, V *a* et *c*, et VI *a* et *b*.)

DANEMARK.

MM. *Borch et Henriksen, à Copenhague : p. 27, 44 et 67. — Grue tournante. (Voir également I *a* et II *b*.).

ÉTATS-UNIS.

Shaw Electric Crane C°, à Muskegon : p. 61. — Pont roulant électrique.

MM. Henderer fils, à Wilmington : p. 66. — Crics hydrauliques.

HONGRIE.

MM. Ganz et Cie, à Budapest : p. 61 et 87. — Pont roulant électrique. (Voir aussi IV *a*.)

SUISSE.

MM. Dunand frères, à Carouge-Genève : p. 66. — Treuils.

M. S. Marti, à Othmarsingen : p. 66. — Crics.

III *b*. — Appareils de transport.

Câbles, chaînes, courroies et bandes. — Trottoir roulant et chemins élévateurs.

FRANCE.

M. **Jules Le Blanc, à Paris : pages 54, 70 et 98. — Chemins élévateurs. (Voir aussi III *a*, IV *a*, *b* et *c*, et V *c*.)

M. **A. Piat et ses fils, à Paris : p. 11, 55 et 112. — Chemins élévateurs, chaînes, godets et appareils divers de transport. (Voir également I *a*, III *a* et VI *b*.)

**Société industrielle des téléphones, à Paris : p. 14, 55, 86, 98 et 112. — Courroies et bandes de transport. (Voir aussi I *b*, IV *c*, V *c* et VI *a* et *b*.)

Société française de constructions mécaniques, à Paris : p. 55. — Chemins élévateurs.

**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : p. 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir également I et II, III *a* et *c*, et IV à VI.)

MM. Daydé et Pillé, à Creil : p. 57 et 86. — Grue flottante et bateau porte-blocs. (Voir aussi III *a* et IV *b*.)

M. Charles Cavelier de Mocomble, à Paris : p. 53 et 58. — Plate-forme roulante. (Voir également III *a* et *c*.)

MM. Gaillard et Cie, au Havre : p. 59. — Appareil transporteur. (Voir aussi III *a*.)

M. Jacques Hallé, à Paris : p. 62. — Dessins de rampe mobile.

MM. **Mazeran et Sabrou, à Paris : p. 63 et 80. — Rampes mobiles. (Voir également IV *a*.)

M. Bagshawe aîné, à Paris : p. 66. — Chaînes d'élévation et de transport.

*Société de la Commission des ardoisières d'Angers, Larivière et Cie : p. 15 et 66. — Câbles pour appareils de transport. (Voir aussi I *b* et III *a* et *c*.)

M. *Edmond Chameroy, à Paris : p. 37, 67 et 87. — Chariot-tricycle. (Voir également II *d*, III *a* et IV *c*.)

M. *Charles Sébin fils, à Paris : p. 18 et 67. — Chaînes pour engins de transport. (Voir aussi I *b* et III *a*.)

MM. *Morane jeune et Cie, à Paris : p. 67 et 76. — Boucliers d'avancement pour travaux de tunnels. (Voir également IV *b*.)

M. *Ernest Benoit, à Paris : p. 21 et 67. — Chaînes pour appareils de transport. (Voir aussi I *b* et III *a*.)

M. *Emmanuel Farcot fils, à la Plaine Saint-Denis (Seine) et à Paris : p. 67 et 94. — Élévateurs-transporteurs pneumatiques. (Voir également V *a* et *d*.)

M. *H. Jandin, à Lyon : p. 67, 79, 99 et 113. — Dragues, bennes-dragues, extracteurs de déblais, etc. (Voir aussi IV *a* et *c*, V *d* et VI *a*.)

M. *Louis Prat, à Paris : p. 67 et 96. — Entraînement par ventilation. (Voir également V *a*.)

ALLEMAGNE.

**Société par actions de constructions mécaniques de Berlin-Anhalt, à Berlin et Dessau : p. 11, 32 et 55. — Appareils de transport automatique. (Voir aussi I *a* et *b*, et II *b*.)

BELGIQUE.

Maison Beer, Société anonyme, à Jemeppe-sur-Meuse : p. 65. — Appareils de transport par chaînes et par câbles.

ÉTATS-UNIS.

Robins Conveying Belt Co, à New York : p. 63. — Transporteurs par courroie.

**Jeffrey Manufacturing Co, à Columbus : p. 24, 65 et 88. — Chaînes, câbles et appareils divers de transport. (Voir également I *b* et IV *a*.)

*Batcheller Pneumatic Tube Co, à New York City : p. 67 et 92. — Appareils de transmission pneumatique. (Voir aussi V *b* et *d*.)

III *c*. — Ascenseurs, monte-charges et monte-plats.

FRANCE.

MM. Edoux et Cie, à Paris : page 56. — Ascenseurs.

**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : p. 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir également I et II, III *a* et *b*, et IV à VI.)

**Compagnie de Fives-Lille pour constructions mécaniques et entreprises, à Paris : p. 34, 56 et 71. — Ascenseurs hydrauliques. (Voir aussi II *d* et *f*, III *a* et IV *a*.)

M. Charles Cavelier de Mocomble, à Paris : p. 53 et 58. — Ascenseur électrique. (Voir également III *a* et *b*.)

MM. Roux, Combaluzier et Cie, à Paris : p. 59 et 98. — Monte-charges hydrauliques et ascenseurs hydro-pneumatiques. (Voir aussi V *d*.)

M. Léandre Mégy, à Paris : p. 26 et 61. — Ascenseur monte-charges. (Voir également I *a* et III *a*.)

Maison Veuve Bernier et Cie, à Paris : p. 63. — Monte-charges. (Voir aussi III *a*.)

M. Auguste Geslin, à Paris : p. 64 et 99. — Ascenseurs et monte-charges hydrauliques et hydro-pneumatiques; monte-plats. (Voir également V *d*.)

MM. Rousseau, J. Lecoq et Mathieu, à Paris : p. 64. — Ascenseur électrique.

M. J.-M. Jomain, à Paris : p. 64. — Monte-personnes, monte-charges et monte-plats.

MM. Renous et Deffarges, à Bordeaux : p. 65. — Monte-charges et monte-plats.

MM. J. Gallois, Cibié et Cie, à Paris : p. 65. — Ascenseur électrique.

MM. Traizet frères, à Paris : p. 66. — Monte-charges et autres élévateurs.

*Société de la Commission des ardoisières d'Angers, Larivière et Cie : p. 15 et 66. — Câbles pour ascenseurs et monte-charges. (Voir aussi I *b* et III *a* et *b*.)

*Association des industriels de France contre les accidents du travail, à Paris : p. 26, 66 et 104. — Dispositif de sécurité pour ascenseurs. (Voir également I *a* et *b*, III *a* et VI *b*.)

MM. *Émile Salmson et Cie, à Paris : p. 49, 67, 79 et 99. — Élévateurs d'eau pour ascenseurs. (Voir aussi II *a*, IV *a* et V *d*.)

ÉTATS-UNIS.

Otis Elevator Co, à New York : p. 60. — Ascenseurs.

MM. W.-S. Tyler et Cie, à Cleveland : p. 64. — Cadres et cages d'ascenseurs.

ITALIE.

M. A. Stigler, à Milan : p. 62 et 113. — Ascenseurs électrique et hydro-électrique. (Voir également VI *b*.)

MM. G. Falconi et Cie, à Novare : p. 64. — Ascenseur hydraulique.

Section IV. — Appareils hydrauliques élévatoires et machinerie hydraulique.

a : Appareils élévatoires. — *b :* Machinerie à eau.
c : Canalisations d'eau et accessoires.

IV *a*. — Appareils élévatoires.

Pompes et norias. — Injecteurs, éjecteurs et pulsomètres.
Béliers, hydro-élévateurs, etc.

FRANCE.

MM. H. Brulé et Cie, à Paris : page 69. — Pompes.

M. Nicolas Duval-Pihet, à Paris : p. 70. — Machine à colonne d'eau et appareils divers.

M. **Jules Le Blanc, à Paris : p. 54, 70 et 98. — Pompe. (Voir aussi III *a* et *b*, IV *b* et *c*, et V *c*.)

M. Émile Meunier, à Paris : p. 70. — Machines élévatoires.

**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : p. 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir également I à III, IV *b* et *c*, et V à VI.)

MM. **Muller et Roger, à Paris : p. 31, 70, 98 et 112. — Pompes. (Voir aussi II *b*, IV *c*, V *c* et VI *a*.)

**Compagnie de Fives-Lille pour constructions mécaniques et entreprises, à Paris : p. 34, 56 et 71. — Machines élévatoires. (Voir également II *d* et *f*, et III *a* et *c*.)

Société française des pompes Worthington, à Paris : p. 72. — Machines élévatoires.

M. Ernest Bollée fils, au Mans : p. 73. — Béliers hydrauliques. (Voir aussi IV *c*.)

**MM. A. Thirion et fils, à Paris : p. 73, 93 et 107. — Pompes diverses et appareil à pression d'eau. (Voir également V *b* et VI *a*.)

MM. Crépelle et Garand, à Lille : p. 74. — Machines élévatoires.

MM. **Sautter, Harlé et Cie, à Paris : p. 67, 74 et 93. — Pompes centrifuges et pompes à piston. (Voir aussi III *a* et V *a* et *b*.)

M. Audemar-Guyon, à Dôle : p. 75. — Pompes diverses.

MM. L. Dumont et Cie, à Paris et à Lille : p. 75. — Pompes centrifuges.

MM. E. Wauquier et fils, à Lille : p. 75. — Pompes diverses.

Société d'entreprise générale de distributions et de concessions d'eau, de gaz et de travaux publics,

à Paris : p. 49, 77, 99 et 113. — Distributions d'eau. (Voir également II *a* et *f*, IV *c*, V *d* et VI *a*.)

MM. Brouhot et Cie, à Vierzon (Cher) : p. 78. — Pompes diverses.

M. Lucien Daubron, à Paris : p. 78. — Pompes diverses et appareil à colonne d'eau.

M. Durey-Sohy, à Paris : p. 78, 99 et 113. — Pompes diverses et bélier hydraulique. (Voir aussi IV *c*, V *b* et VI *a*.)

M. H. Jandin, à Lyon : p. 67, 79, 99 et 113. — Pompes, élévateurs hydro-pneumatiques, dragues à pompes, etc. (Voir également III *b*, IV *c*, V *d* et VI *a*.)

MM. Émile Salmson et Cie, à Paris : p. 49, 67, 79 et 99. — Pompes diverses et élévateurs hydro-pneumatiques. (Voir aussi II *a*, III *c* et V *d*.)

MM. **Mazeran et Sabrou, à Paris : p. 63 et 80. — Pompes diverses. (Voir également III *b*.)

M. F.-J. Buzelin, aux Lilas (Seine) : p. 80 et 113. — Pompes diverses. (Voir aussi VI *a*.)

MM. Darblay père et fils, à Essonnes (Seine-et-Oise) et à Paris : p. 80. — Pompes.

MM. L. Dumontant et Cie, à Nice : p. 49 et 80. — Pompes. (Voir également II *b*.)

M. L. Bellot, à Paris : p. 81. — Pompes diverses.

M. Letestu, à Paris : p. 81. — Pompes diverses.

M. Marcel Durozoi, à Paris : p. 49, 81 et 99. — Hydro-élévateur, béliers hydrauliques et appareil à pression d'eau. (Voir aussi II *b* et *f* et V *d*.)

M. **A. Brousset, à Nogent-sur-Marne (Seine) : p. 26, 40, 82 et 109. — Appareil à jet d'eau. (Voir également I *a*, II *b* et *d*, et VI *b*.)

MM. Carré fils aîné et Cie, à Paris : p. 82, 99 et 114. — Élévateurs hydro-pneumatiques. (Voir aussi V *d* et VI *a*.)

M. Edmond Henry, à Paris : p. 82, 99 et 114. — Élévateur hydro-pneumatique, bouilleur et noria. (Voir également V *d* et VI *a*.)

M. J.-B. Vidal-Beaume, à Boulogne-sur-Seine : p. 83. — Pompes diverses et béliers.

Société anonyme des usines et fonderies de Saint-Ouen-Vendôme : p. 83. — Pompe, bélier, balance et appareil à colonne d'eau.

M. L.-C. Girodias, à Paris : p. 27 et 83. — Pompes à engrenages. (Voir aussi I *a*.)

MM. **Mollet-Fontaine et Cie, à Lille : p. 83 et 96. — Pompes diverses. (Voir également V *b*.)

M. F. Bohler, à Paris : p. 83 et 114. — Appareils à jet. (Voir aussi VI *a*.)

M. Henri David, à Orléans : p. 83 et 114. — Pompes diverses. (Voir également VI *a*.)

M. Deplechin, à Lille : p. 83. — Pompe automatique.

M. Xavier Fafeur, à Carcassonne : p. 84. — Pompes diverses.

M. F. Dyckhoff fils, à Bar-le-Duc : p. 84 et 114. — Pompes rotatives. (Voir également VI *a*.)

M. F. Soyer, à Paris : p. 84. — Pompes à chapelet.

M. le Marquis de Montrichard, à Montmédy (Meuse) et à Paris : p. 84 et 99. — Pompes diverses. (Voir aussi V *d*.)

**Société anonyme des appareils à réaction radiale, à Paris : p. 85 et 97. — Pompe rotative. (Voir aussi V *a*.)

*Société anonyme des établissements Weyher et Richemond, à Pantin (Seine) : p. 85, 97 et 102. — Pompes à incendie. (Voir également V *a* et *b*, et VI *a*.)

*Ville de Paris (Préfecture de Police) : p. 86 et 102. — Pompes à incendie. (Voir aussi VI *a*.)

MM. *Elwell et Seyrig, à la Plaine-Saint-Denis (Seine) : p. 86 et 93. — Pompe électrique. (Voir également V *b*.)

M. *Jules Moisy, à Paris : p. 18, 86 et 113. — Cuirs emboutis et clapets pour pompes. (Voir aussi I *a* et *b*, IV *b* et VI *a*.)

*Compagnie parisienne de l'air comprimé : p. 49, 87 et 95. — Pompe et pulsomètre. (Voir également II *f*, et V *b*, *c* et *d*.)

M. *L. Gugumus, à Nancy : p. 87 et 108. — Pompe alimentaire et pompes à incendie. (Voir aussi VI *a*.)

M. *R. Henry, à Paris : p. 39, 87 et 99. — Pompes de circulation. (Voir également II *b*, IV *c* et V *c*.)

MM. *Arcis, Long et Cie, à Lyon-Villeurbanne (Rhône) : p. 21, 87 et 113. — Clapets. (Voir aussi I *b* et VI *a*.)

*Société lyonnaise de mécanique et d'électricité, à Paris : p. 88 et 110. — Pompes à incendie (Voir également VI *a*.)

MM. *Champenois-Rambeaux et Cie, à Cousances-aux-Forges (Meuse) : p. 23, 88 et 114. — Roues pour pompes diverses. (Voir aussi I *a* et VI *a*.)

MM. *A. Rossel-Wetzel et fils, à Sochaux (Doubs) : p. 25 et 89. — Cuirs emboutis et divers. (Voir également I *a* et *b*, et IV *b*.)

ALLEMAGNE.

Maison *C.-D. Magirus, à Ulm-sur-le-Danube (Wurtemberg) : p. 86 et 103. — Pompes à incendie et pompes diverses. (Voir également VI *a*.)

MM. *Schaeffer et Budenberg, à Magdebourg-Buckau : p. 26, 36, 67, 86, 98 et 113. — Pompes, béliers, injecteurs, éjecteurs et pulsomètres. (Voir aussi I *a*, II *a*, *b*, *c*, *d* et *f*, III *a*, IV *c*, V *a* et *c*, et VI *a* et *b*.)

MM. *Frantz Pretzel et Cie, à Berlin : p. 16, 49, 86 et 113. — Cuirs emboutis et clapets. (Voir également I *a* et *b*, II *b* et *c*, IV *b* et *c*, et VI *a* et *b*.)

*Wagenbauanstalt und Waggonfabrik für electrische Bahnen, à Bautzen (Saxe) : p. 87 et 109. — Pompes à incendie. (Voir aussi VI *a*.)

MM. *Ad. Schwartz et Cie, à Berlin : p. 20, 49, 87 et 99. — Fournitures pour pompes. (Voir également I *b*, II *b* et V *c*.)

M. *Hans Reisert, à Cologne : p. 47, 89 et 115. — Injecteurs, éjecteurs et soupapes. (Voir aussi II *a*, *b*, *c* et *f*, et VI *b*.)

AUTRICHE.

M. *Reginald Czermack, à Teplitz-en-Bohême : p. 85 et 101. — Pompes à incendie, pompes diverses et béliers. (Voir également IV *c* et VI *a*.)

ÉTATS-UNIS.

Worthington Pumping Engine Co, à New York : p. 71. — Machines élévatoires.

Geo.-F. Blake Manufacturing Co, à New York : p. 73, 98 et 112. — Pompes diverses. (Voir aussi V *b* et VI *a*.)

Ludlow Valve Manufacturing Co, à Troy : p. 83. — Accessoires pour pompes. (Voir également IV *c*.)

MM. *Chas. A. Schieren et Cie, à New York : p. 17 et 86. — Cuirs pour soupapes. (Voir également I *b*.)

*Fisher Governor Co, à Marshalltown : p. 43 et 88. — Valves régulatrices. (Voir aussi II *a*).

*Jeffrey Manufacturing Co, à Columbus : p. 24, 65 et 88. — Norias. (Voir également I *b* et III *b*.)

*Stillwell-Bierce and Smith-Vaile Co, à Dayton : p. 88 et 96. — Pompes diverses. (Voir aussi V *b*.)

*Locke Regulator Co, à Salem : p. 47 et 89. — Soupapes régulatrices. (Voir également II *a*.)

GRANDE-BRETAGNE.

**Société Thwaites frères, limited, à Bradford : p. 70 et 92. — Pompe. (Voir aussi V *a*.)

*Société Merryweather et fils, limited, à Londres : p. 86 et 108. — Pompes à incendie et pompe à divers usages. (Voir aussi VI *a*.)

HONGRIE.

Société anonyme de fonderies et constructions mécaniques «Schlick», à Budapest : p. 75. — Pompe centrifuge.

M. Stephan Röck, à Budapest : p. 76. — Machine élévatoire.

**Société anonyme de constructions mécaniques et de pompes à incendie de Budapest : p. 78, 99 et 108. — Pompes diverses. (Voir également V *b* et VI *a*.)

MM. *Ganz et Cie, à Budapest : p. 61 et 87. — Pompe électrique de mines. (Voir également III *a*.)

M. *F. Seltenhofer fils, à Sopron : p. 87 et 109. — Pompes à incendie. (Voir aussi VI *a*.)

ITALIE.

MM. F. Casali et fils, à Suzzara-Mantoue : p. 84. — Turbine élévatoire.

ROUMANIE.

Compagnie générale des conduites d'eau de Bucarest : p. 84. — Pompes. (Voir également IV *c*.)

M. *L. Leyendecker, à Bucarest : p. 88 et 110. — Pompes à incendie. (Voir aussi VI *a*.)

RUSSIE.

MM. *Ad. et J. Tretzer, à Varsovie : p. 87 et 109. — Pompes à incendie et pompes rotatives. (Voir également VI *a*.)

M. *Gustave Branasky, à Odessa : p. 24 et 88. — Manchettes en cuir pour pompes. (Voir aussi I *b* et IV *b*.)

SUÈDE.

Société anonyme de Laval, à Stockholm : p. 73 et 98. — Turbine-pompe. (Voir également V *a*.)

Société anonyme «Excelsior» pour la fabrication de machines, à Vaxholm : p. 84 et 114. — Pompes. (Voir aussi VI *a*.)

*Société anonyme des usines de Ludwicsberg, à Stockholm : p. 86, 98 et 107. — Pompes à incendie et pompes diverses. (Voir également V *b* et VI *a*.)

SUISSE.

MM. **Sulzer frères, à Winterthur : p. 72 et 93. — Pompes centrifuges, etc. (Voir aussi V *a*.)

Société Escher Wyss et Cie, à Zurich : p. 26 et 72. — Pompes et usines élévatoires. (Voir également I *a*.)

M. **Émile Mertz, à Bâle : p. 81 et 95. — Pompes diverses. (Voir aussi V *a*.)

*Société anonyme des ateliers de construction Burckhardt, à Bâle : p. 86 et 92. — Pompes rotatives. (Voir également V *b*.)

M. *J.-U. Aebi, à Berthoud : p. 87 et 109. — Pompes à incendie. (Voir aussi VI *a*.)

IMPRIMERIE NATIONALE.

IV *b*. — Machinerie à eau.

Presses hydrauliques et accumulateurs. — Multiplicateurs et réducteurs de pression. Distributeurs d'eau comprimée, appareils à pression d'eau, etc.

FRANCE.

M. **Jules Le Blanc, à Paris : pages 54, 70 et 98. — Distributeurs d'eau comprimée. (Voir également III *a* et *b*, IV *a* et *c*, et V *c*.)

**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : p. 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir aussi I à III, IV *a* et *c*, et V à VI.)

MM. Morane jeune et Cie, à Paris : p. 67 et 76. — Pompes de compression, accumulateur et appareils divers à pression. (Voir également III *b*.)

MM. Desmarais et Georges Morane, à Paris : p. 76. — Pompes de compression, accumulateur, multiplicateur et appareils à pression.

M. *Édouard Bourdon, à Paris : p. 30 et 85. — Compresseurs. (Voir aussi II *b*, *c* et *e*.)

MM. *Daydé et Pillé, à Creil : p. 57 et 86. — Machineries centrales et appareillage de manœuvres hydrauliques. (Voir également III *a* et *b*.)

M. *Léon Leverd-Drieux, à Lille : p. 18 et 86. — Cuirs pour presses hydrauliques. (Voir aussi I *b*.)

M. *Jules Moisy, à Paris : p. 18, 86 et 113. — Cuirs emboutis pour presses hydrauliques. (Voir également I *a* et *b*, IV *a* et VI *a*.)

M. *Ernest Masson fils, à Paris : p. 21 et 87. — Cuirs emboutis. (Voir aussi I *b*.)

MM. * A. Rossel-Wetzel et fils, à Sochaux (Doubs) : p. 25 et 89. — Cuirs emboutis et divers. (Voir également I *a* et *b*, et IV *a*.)

ALLEMAGNE.

M. *Otto Gehrckens, à Hambourg : p. 17, 86 et 113. — Cuirs pour emboutis. (Voir également I *b* et VI *b*.)

MM. *Frantz Pretzel et Cie, à Berlin : p. 16, 49, 86 et 113. — Cuirs emboutis. (Voir aussi I *a* et *b*, II *b* et *c*, IV *a* et *c*, et VI *a* et *b*.)

BELGIQUE.

*Société anonyme des anciens établissements Léon Lobet, à Verviers : p. 23 et 88. — Emboutis en cuir. (Voir également I *a* et *b*.)

RUSSIE.

M. *Gustave Branasky, à Odessa : p. 24 et 88. — Manchettes en cuir pour presses hydrauliques. (Voir aussi I *b* et IV *a*.)

IV *c*. — Canalisations d'eau et accessoires.

FRANCE.

M. **Jules Le Blanc, à Paris : pages 54, 70 et 98. — Joints pour canalisations diverses. (Voir également III *a* et *b*, IV *a* et *b*, et V *c*.)

MM. **Muller et Roger, à Paris : p. 31, 70, 98 et 112. — Robinetterie, bouches, raccords, lances, cols de cygne, etc. (Voir aussi II *b*, IV *a*, V *c* et VI *a*.)

MM. Mathelin et Garnier, à Paris : p. 70 et 112. — Travaux de canalisations. (Voir également VI *a*.)

**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : p. 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir aussi I à III, IV *a* et *b*, et V à VI.)

M. Ernest Bollée fils, au Mans : p. 73. — Borne-fontaine. (Voir également IV *a*.)

Société anonyme des hauts-fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson : p. 77. — Tuyaux divers et travaux de canalisation.

Mme Veuve Ch. Gibault, à Paris : p. 77, 98 et 113. — Joints et pièces diverses de canalisations. (Voir aussi V *c* et VI *a*.)

MM. P. de Singly et Cie, à Paris : p. 77 et 98. — Tuyaux divers et travaux de canalisation. (Voir également V *c*.)

Société d'entreprise générale de distributions et de concessions d'eau, de gaz et de travaux publics, à Paris : p. 49, 77, 99 et 113. — Robinetterie, bouches, bornes-fontaines, etc., et travaux de canalisations. (Voir aussi II *a* et *f*, IV *a*, V *d* et VI *a*.)

M. Durey-Sohy, à Paris : p. 78, 99 et 113. — Tuyaux, réservoirs et pièces diverses de canalisations. (Voir également IV *a*, V *b* et VI *a*.)

M. H. Jandin, à Lyon : p. 67, 79, 99 et 113. — Conduites flottantes. (Voir aussi III *b*, IV *a*, V *d* et VI *a*.)

Société anonyme de construction d'appareils hydrauliques et d'éclairage public, à Paris : p. 81 et 113. — Robinets-vannes, ajutage réglable et pièces diverses de canalisations. (Voir également VI *a*.)

M. **Ch. Rudolph, à Paris : p. 22, 84, 97 et 114. — Tuyaux flexibles. (Voir également I *b*, V *c* et VI *a*.)

MM. **Allouard et Cie, à Paris : p. 85 et 97. — Tuyaux flexibles. (Voir aussi V *c*.)

*Société générale des huiles et fournitures industrielles, à Paris : p. 32, 86 et 98. — Joints pour canalisations. (Voir également II *b* et V *c*.)

*Société industrielle des téléphones, à Paris : p. 14, 55, 86, 98 et 112. — Tuyaux, joints, etc. (Voir aussi I *b*, III *b*, V *c* et VI *a* et *b*.)

M. *Edmond Chameroy, à Paris : p. 37, 67 et 87. — Robinets et bornes-fontaines. (Voir également II *d* et III *a* et *b*.)

*Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, à Paris : p. 38 et 87. — Bornes-fontaines et robinets divers. (Voir aussi II *f*.)

M. *R. Henry, à Paris : p. 39, 87 et 99. — Robinets pour vapeur et pour eau. (Voir également II *b*, IV *a* et V *c*.)

M. *J. Ducomet, à Paris : p. 40 et 87. — Hydromètres indicateurs du niveau dans les réservoirs. (Voir aussi II *c*.)

M. *H. Daclin, à Lyon : p. 40 et 87. — Hydromètre indicateur du niveau dans les réservoirs. (Voir aussi II *c*.)

M. *P. Devaux, à Lyon : p. 41 et 87. — Manomètre indicateur du niveau dans les réservoirs. (Voir également II *c*.)

MM. *Casassa fils et Cie, à Pantin (Seine) et à Paris : p. 88 et 110. — Raccords et tuyaux. (Voir également VI *a* et *b*.)

*Compagnie pour l'éclairage des villes et la fabrication des compteurs et appareils divers, à Paris : p. 46 et 88. — Robinetterie. (Voir aussi II *f*.)

M. *Emmanuel Simoneton, au Raincy (Seine-et-Oise) et à Paris : p. 88, 99 et 110. — Tuyaux. (Voir aussi V *c* et VI *a*.)

MM. *Caillette et Narçon, à Paris : p. 88 et 111. — Raccords et pièces diverses de canalisations. (Voir également VI *a*.)

ALLEMAGNE.

MM. **Seiffert et Cie, à Berlin : p. 84 et 97. — Conduites et accessoires. (Voir aussi V *c*.)

MM. *Schaeffer et Budenberg, à Magdebourg-Buckau : p. 26, 36, 67, 86, 98 et 113. — Robinetterie. (Voir également I *a*, II *a*, *b*, *c*, *d* et *f*, III *a*, IV *a*, V *a* et *c*, et VI *a* et *b*.)

MM. *Frantz Pretzel et Cie, à Berlin : p. 16, 49, 86 et 113. — Tuyaux. (Voir aussi I *a* et *b*, II *b* et *c*, IV *a* et *b*, et VI *a* et *b*.)

M. *Rudolph Chillingworth, à Nuremberg : p. 19, 87, 99 et 114. — Pièces de raccords pour canalisations. (Voir également I *a*, V*c* et VI *b*.)

*Société par actions Siemens et Halske, à Berlin : p. 43, 88, 98 et 113. — Appareils de contrôle et de sécurité pour distributions d'eau. (Voir aussi II *c* et *f*, V *a* et VI *a*.)

AUTRICHE.

M. *Reginald Czermack, à Teplitz-en-Bohême : p. 85 et 101. — Accessoires de conduites d'eau. (Voir également IV *a* et VI *a*.)

ÉTATS-UNIS.

Crane Cº, à Chicago : p. 77. — Raccords, valves et robinets.

**Lunkenheimer Cº, à Cincinnati : p. 40 et 82. — Valves et robinets. (Voir aussi II *b*.)

Walworth Manufacturing Cº, à Boston : p. 82. — Tuyaux et accessoires.

Chapman Valve Manufacturing Cº, à Indian Orchard : p. 82 et 114. — Valves et robinets. (Voir également VI *a*.)

Ludlow Valve Manufacturing Cº, à Troy : p. 83. — Robinets-vannes, clapets de retenue, etc. (Voir aussi IV *a*.)

M. **S.-R. Dresser, à Bradford : p. 85 et 97. — Accessoires divers. (Voir également V *c*.)

*Ashton Valve Cº, à Boston : p. 45 et 88. — Soupapes de sûreté. (Voir aussi II *c*.)

ROUMANIE.

Compagnie générale des conduites d'eau de Bucarest : p. 84. — Accessoires de distribution d'eau. (Voir également IV *a*.)

SUÈDE.

Société anonyme des ateliers mécaniques de J. et C.-G. Bolinder, à Stockholm : p. 84. — Robinets automatiques.

Société anonyme des ateliers de Sten Erikson, à Stockholm : p. 85. — Robinets.

SUISSE.

M. *H. Wernecke, à Staefa : p. 23, 88, 99 et 110. — Tuyaux. (Voir aussi I *b*, V *c* et VI *a*.)

Section V. — Appareils pour la compression et la raréfaction de l'air et des gaz, ventilateurs, et machineries à air comprimé ou raréfié.

a : Ventilateurs et souffleurs. — *b* : Compresseurs et raréfacteurs.
c : Canalisations d'air, etc., et accessoires. — *d* : Emplois de l'air comprimé.

V *a*. — Ventilateurs et souffleurs.

FRANCE.

MM. Delaunay-Belleville et Cie, à Saint-Denis (Seine) : page 91. — Ventilateur à vapeur.

**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : p. 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir également I à IV, V *b* à *d*, et VI.)

MM. **Sautter, Harlé et Cie, à Paris : p. 67, 74 et 93. — Ventilateurs électriques et à turbine à vapeur. (Voir aussi III *a*, IV *a* et V *b*.)

M. Emmanuel Farcot fils, à la Plaine Saint-Denis (Seine) et à Paris : p. 67 et 94. — Ventilateurs divers. (Voir également III *b* et V *d*.)

MM. Barbier et Vivez, à Paris : p. 96. — Ventilateurs centrifuges. (Voir aussi V *b*.)

M. V. Huglo, à Lille : p. 96. — Ventilateurs hélicoïdes.

M. Louis Prat, à Paris : p. 67 et 96. — Ventilation par transformateur de pression. (Voir également III *b*.)

M. Éd. Thirion, à Bar-le-Duc : p. 96. — Ventilateurs à enveloppe mobile.

MM. Monnet et Moyne, à Paris : p. 97. — Ventilateurs divers. (Voir aussi V *b*.)

**Société anonyme des appareils à réaction radiale, à Paris : p. 85 et 97. — Ventilateurs divers. (Voir également IV *a*.)

M. Hébert, à Paris : p. 27 et 97. — Ventilateurs divers. (Voir aussi I *a* et *b*.)

*Société anonyme des établissements Weyher et Richemond, à Pantin (Seine) : p. 85, 97 et 102. — Ventilateur hydraulique. (Voir également IV *a*, V *b* et VI *a*.)

ALLEMAGNE.

MM. *Schaeffer et Budenberg, à Magdebourg-Buckau : p. 26, 36, 67, 86, 98 et 113. — Ventilateurs aspirants et soufflants. (Voir aussi I *a*, II *a*, *b*, *c*, *d* et *f*, III *a*, IV *a* et *c*, V *c*, et VI *a* et *b*.)

*Société par actions Siemens et Halske, à Berlin : p. 43, 88, 98 et 113. — Ventilateurs électriques. (Voir également II *c* et *f*, IV *c* et VI *a*.)

GRANDE-BRETAGNE.

**Société Thwaites frères, limited, à Bradford : p. 70 et 92. — Ventilateur. (Voir aussi IV *a*.)

MM. Samuelson et Cie, limited, à Banbury : p. 95. — Ventilateurs divers.

*Société Mather et Platt, limited (Section Dowson, Taylor et Cie), à Londres : p. 99 et 108. — Appareil ventilateur-humidificateur. (Voir également VI *a*.)

SUÈDE.

Société anonyme «Centrator», à Stockholm : p. 26 et 93. — Ventilateurs. (Voir aussi I *a*.)

*Société anonyme de turbines à vapeur de Laval, à Stockholm : p. 73 et 98. — Turbine-ventilateur. (Voir également IV *a*.)

SUISSE.

MM. **Sulzer frères, à Winterthur : p. 72 et 93. — Ventilateurs divers. (Voir aussi IV *a*.)

M. **Émile Mertz, à Bâle : p. 81 et 95. — Ventilateurs et humidificateurs. (Voir également IV *a*.)

V *b*. — Compresseurs et raréfacteurs.

FRANCE.

**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : pages 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir aussi I à IV, V *a*, *c* et *d*, et VI.)

MM. **A. Thirion et fils, à Paris : p. 73, 93 et 107. — Compresseurs d'air. (Voir également IV *a* et VI *a*.)

MM. Elwell et Seyrig, à la Plaine Saint-Denis (Seine) : p. 86 et 93. — Compresseurs d'air. (Voir aussi IV *a*.)

MM. **Sautter, Harlé et Cie, à Paris : p. 67, 74 et 93. — Compresseurs. (Voir également III *a*, IV *a* et V *a*.)

M. Maurice Douane, à Paris : p. 94. — Compresseurs d'air et autres gaz. (Voir aussi V *d.*)

Compagnie parisienne de l'air comprimé : p. 49, 87 et 95. — Usine de compression. (Voir également II *f*, IV *a*, et V *c* et *d.*)

MM. Barbier et Vivez, à Paris : p. 96. — Compresseurs d'air. (Voir aussi V *a.*)

MM. **Mollet-Fontaine et Cie, à Lille : p. 83 et 96. — Compresseurs d'air. (Voir également IV *a.*)

MM. Monnet et Moyne, à Paris : p. 97. — Injecteurs-pulvérisateurs d'eau pour les compresseurs d'air. (Voir aussi V *a.*)

*Société anonyme des anciens établissements Weyher et Richemond, à Pantin (Seine) : p. 85, 97 et 102. — Compresseur d'air. (Voir également IV *a*, V *a* et VI *a.*)

M. *Durey-Sohy, à Paris : p. 78, 99 et 113. — Compresseur d'air et de gaz. (Voir aussi IV *a* et *c*, et VI *a.*)

ÉTATS-UNIS.

Batcheller Pneumatic Tube Co, à New York City : p. 67 et 92. — Compresseurs d'air. (Voir également III *b* et V *d.*)

Ingersoll-Sergeant Drill Co, à New York : p. 48 et 93. — Compresseurs d'air. (Voir aussi II *a*, et V *c* et *d.*)

Rand Drill Co, à New York : p. 49 et 93. — Compresseurs d'air. (Voir également II *a*, et V *c* et *d.*)

Stillwell-Bierce and Smith-Vaile Co, à Dayton : p. 88 et 96. — Compresseurs d'air. (Voir aussi IV *a.*)

Christensen Engineering Co, à Milwaukee : p. 97. — Compresseurs d'air portatifs.

*Geo.-F. Blake Manufacturing Co, à New York : p. 73, 98 et 112. — Compresseurs d'air et pompes à vide. (Voir également IV *a* et VI *a.*)

HONGRIE.

*Société anonyme de constructions mécaniques et de pompes à incendie de Budapest : p. 78, 99 et 108. — Compresseurs d'air. (Voir aussi IV *a* et VI *a.*)

SUÈDE.

*Société anonyme des usines de Ludwigsberg, à Stockholm : p. 86, 98 et 107. — Compresseurs d'air et autres gaz. (Voir également IV *a* et VI *a.*)

SUISSE.

Société anonyme des ateliers de construction Burckhardt, à Bâle : p. 86 et 92. — Compresseurs et pompe à vide. (Voir aussi IV *a.*)

V *c.* — Canalisations d'air, etc., et accessoires.

FRANCE.

**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : pages 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir également I à IV, V *a*, *b* et *d*, et VI.)

Compagnie parisienne de l'air comprimé : p. 49, 87 et 95. — Réseaux de distribution. (Voir aussi II *f*, IV *a*, et V *b* et *d.*)

M. **Ch. Rudolph, à Paris : p. 22, 84, 97 et 114. — Tuyaux flexibles. (Voir aussi I *b*, IV *c* et VI *a.*)

MM. **Allouard et Cie, à Paris : p. 85 et 97. — Tuyaux flexibles. (Voir également IV *c.*)

M. *Jules Le Blanc, à Paris : p. 54, 70 et 98. — Joints de canalisations. (Voir aussi III *a* et *b*, et IV *a*, *b* et *c.*)

MM. *Muller et Roger, à Paris : p. 31, 70, 98 et 112. — Robinetterie. (Voir également II *b*, IV *a* et *c*, et VI *a*.)

*Société générale des huiles et fournitures industrielles, à Paris : p. 32, 86 et 98. — Joints pour canalisations. (Voir aussi II *b* et IV *c*.)

*Société industrielle des téléphones, à Paris : p. 14, 55, 86, 98 et 112. — Tuyaux, joints, etc. (Voir également I *b*, III *b*, IV *c*, et VI *a* et *b*.)

Mme * Veuve Ch. Gibault, à Paris : p. 77, 98 et 113. — Joints de canalisations. (Voir aussi IV *c* et VI *a*.)

MM. *P. de Singly et Cie, à Paris : p. 77 et 98. — Conduites diverses; tuyaux et accessoires pour chauffage et ventilation. (Voir aussi IV *c*.)

M. *R. Henry, à Paris : p. 39, 87 et 99. — Robinets. (Voir également II *b*, et IV *a* et *c*.)

M. *Emmanuel Simoneton, au Raincy (Seine-et-Oise) et à Paris : p. 88, 99 et 110. — Tuyaux. (Voir également IV *c* et VI *a*.)

ALLEMAGNE.

MM. **Seiffert et Cie, à Berlin : p. 84 et 97. — Conduites et accessoires. (Voir aussi IV *c*.)

MM. *Schaeffer et Budenberg, à Magdebourg-Buckau : p. 26, 36, 67, 86, 98 et 113. — Robinetterie. (Voir également I *a*, II *a*, *b*, *c*, *d* et *f*, III *a*, IV *a* et *c*, V *a*, et VI *a* et *b*.)

M. *Rudolph Chillingworth, à Nuremberg : p. 19, 87, 99 et 114. — Pièces de raccord pour conduites. (Voir aussi I *a*, IV *c* et VI *b*.)

MM. *Ad. Schwartz et Cie, à Berlin : p. 20, 49, 87 et 99. — Cuir, caoutchouc, amiante, etc., pour usages mécaniques. (Voir également I *b*, II *b* et IV *a*.)

ÉTATS-UNIS.

Ingersoll-Sergeant Drill Co, à New York : p. 48 et 93. — Conduites de transmission. (Voir aussi II *a*, et V *b* et *d*.)

Rand Drill Co, à New York : p. 49 et 93. — Conduites de transmission. (Voir également II *a*, et V *b* et *d*.)

M. **S.-R. Dresser, à Bradford : p. 85 et 97. — Accessoires de tuyauteries. (Voir aussi IV *c*.)

SUISSE.

M. *H. Wernecke, à Staefa : p. 23, 88, 99 et 110. — Tuyaux. (Voir également I *b*, IV *c* et VI *a*.)

V *d*. — Emplois de l'air comprimé.

Appareils pneumatiques et transmissions de puissance par le vide ou par l'air comprimé.

FRANCE.

**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : pages 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir aussi I à IV, V *a* à *c*, et VI.)

M. Maurice Douane, à Paris : p. 94. — Applications diverses. (Voir également V *b*.)

M. Emmanuel Farcot fils, à la Plaine Saint-Denis (Seine) et à Paris : p. 67 et 94. — Applications diverses. (Voir aussi III *b* et V *a*.)

Compagnie parisienne de l'air comprimé : p. 49, 87 et 95. — Emplois divers. (Voir également II *f*, IV *a*, et V *b* et *c*.)

MM. *Roux, Combaluzier et Cie, à Paris : p. 59 et 98. — Ascenseurs hydro-pneumatiques. (Voir aussi III *c*.)

M. *Marcel Durozoi, à Paris : p. 49, 81 et 99. — Moteur-pompe à air comprimé. (Voir également II *b* et *f*, et IV *a*.)

M. *Auguste Geslin, à Paris : p. 64 et 99. — Ascenseurs et monte-charges hydro-pneumatiques. (Voir aussi III *c*.)

M. *H. Jandin, à Lyon : p. 67, 79, 99 et 113. — Extracteurs de déblais et élévateurs d'eau hydro-pneumatiques. (Voir également III *b*, IV *a* et *c*, et VI *a*.)

MM. *Émile Salmson et Cie, à Paris : p. 49, 67, 79 et 99. — Élévateurs d'eau à air comprimé. (Voir aussi II *a*, III *c* et IV *a*.)

*Société d'entreprise générale de distributions et de concessions d'eau, de gaz et de travaux publics, à Paris : p. 49, 77, 99 et 113. — Appareil de télégraphie pneumatique; moteurs et régulateurs à air comprimé. (Voir également II *a* et *f*, IV *a* et *c*, et VI *a*.)

MM. *Carré fils aîné et Cie, à Paris : p. 82, 99 et 114. — Élévateurs d'eau à air comprimé. (Voir aussi IV *a* et VI *a*.)

M. *Edmond Henry, à Paris : p. 82, 99 et 114. — Élévateur d'eau à air comprimé. (Voir également IV *a* et VI *a*.)

M. *le Marquis de Montrichard, à Montmédy (Meuse) et à Paris : p. 84 et 99. — Élévateur d'eau à air comprimé. (Voir aussi IV *a*.)

États-Unis.

Batcheller Pneumatic Tube C°, à New York City : p. 67 et 92. — Appareils de transmission pneumatique. (Voir également III *b* et V *b*.)

Ingersoll-Sergeant Drill C°, à New York : p. 48 et 93. — Emplois divers. (Voir aussi II *a*, et V *b* et *c*.)

Rand Drill C°, à New York : p. 49 et 93. — Emplois divers. (Voir également II *a*, et V *b* et *c*.)

Section VI. — Matériel de secours contre l'incendie et prévention des accidents du travail.

a : Secours contre l'incendie et sauvetage. — *b* : Prévention des accidents du travail.

VI *a*. — Secours contre l'incendie et sauvetage.

Appareils et matériel de premier secours. — Pompes à incendie et matériel à l'usage des sapeurs-pompiers.

France.

Société anonyme des établissements Weyher et Richemond, à Pantin (Seine) : pages 85, 97 et 102. — Pompes à incendie, compresseur d'air et ventilateur hydraulique. (Voir aussi IV *a*, et V *a* et *b*.)

**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : p. 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir également I à V, et VI *b*.)

Ville de Paris (Préfecture de Police) : p. 86 et 102. — Matériel de secours contre l'incendie et de sauvetage. (Voir aussi IV *a*.)

MM. **A. Thirion et fils, à Paris : p. 73, 93 et 107. — Pompes et matériel d'incendie. (Voir également IV *a* et V *b*.)

M. L. Gugumus, à Nancy : p. 87 et 108. — Flambeau, échelle d'attaque et de sauvetage, dévidoir et pompes. (Voir aussi IV *a*.)

M. G. Lotte, à Paris : p. 109. — Échelles d'attaque, appareil descenseur et échelles de sauvetage.

M. Émile Bastien, à Bourbonne-les-Bains (Haute-Marne) : p. 109. — Chariot de premier départ, avec accessoires pour attaque du feu et sauvetage.

MM. F. Casassa fils et Cie, à Pantin (Seine) et à Paris : p. 88 et 110. — Tuyaux et postes d'incendie, dévidoirs, raccords divers et casque respiratoire. (Voir également IV *c* et VI *b*.)

M. Emmanuel Simoneton, au Raincy (Seine-et-Oise) et à Paris : p. 88, 99 et 110. — Tuyaux divers et seaux d'incendie. (Voir aussi IV *c* et V *c*.)

Société lyonnaise de mécanique et d'électricité, à Paris : p. 88 et 110. — Poste, dévidoir, pompes et casques d'incendie. (Voir également IV *a*.)

Compagnie parisienne de matériel hygiénique à eaux gazeuses, à Paris et à Bapeaume-lès-Rouen : p. 111. — Extincteurs.

M. L. Rochereau, à Angers : p. 111. — Échelles de sauvetage.

M. A.-G. Bauduin, à Paris : p. 111. — Produits ignifuges, avertisseur, grenades et extincteurs.

M. Carré (Maison «l'Incombustibilité»), à Paris : p. 111. — Produits ignifuges, grenades et appareil extincteur.

MM. Caillette et Narçon, à Paris : p. 88 et 111. — Postes et lances d'incendie, raccords divers, etc. (Voir aussi IV *c*.)

M. Léon Davoine, à Billancourt (Seine) : p. 111. — Appareils avertisseurs.

M. Fontaine-Souverain fils, à Dijon : p. 111. — Échelles diverses.

M. Ch. Blon, à Paris : p. 111. — Appareils extincteurs.

M. Bocahut, d'Oran (Algérie) : p. 111. — Outil multiple pour sapeurs-pompiers.

M. F. Holthausen, à Asnières (Seine) : p. 112. — Appareil descenseur.

MM. **Schroedter et Cie, à Paris : p. 48 et 112. — Appareil avertisseur. (Voir également II *c*.)

MM. *Mathelin et Garnier, à Paris : p. 70 et 112. — Canalisations de secours contre l'incendie. (Voir aussi IV *c*.)

MM. *Muller et Roger, à Paris : p. 31, 70, 98 et 112. — Bouches, raccords, lances et coffrets d'incendie. (Voir également II *b*, IV *a* et *c*, et V *c*.)

*Société industrielle des téléphones, à Paris : p. 14, 55, 86, 98 et 112. — Avertisseurs d'incendie. (Voir aussi I *b*, III *b*, IV *c*, V *c* et VI *b*.)

Mme *Vve Ch. Gibault, à Paris : p. 77, 98 et 113. — Bouches d'incendie. (Voir également IV *c* et V *c*.)

M. *Jules Moisy, à Paris : p. 18, 86 et 113. — Tuyaux pour pompes à incendie. (Voir aussi I *a* et *b*, et IV *a* et *b*.)

M. *Jules Richard, à Paris : p. 36 et 113. — Avertisseurs d'incendie et contrôleurs de veille. (Voir également II *c*, *e* et *f*.)

M. *F.-J. Buzelin, aux Lilas (Seine) : p. 80 et 113. — Pompes de secours. (Voir aussi IV *a*.)

M. *Durey-Sohy, à Paris : p. 78, 99 et 113. — Pompes à incendie, postes et matériel de secours contre le feu. (Voir également IV *a* et *c*, et V *b*.)

M. *H. Jandin, à Lyon : p. 67, 79, 99 et 113. — Bateaux-pompes pour service d'incendie ou renflouage. (Voir aussi III *b*, IV *a* et *c*, et V *d*.)

MM. *Arcis, Long et Cie, à Lyon-Villeurbanne (Rhône) : p. 21, 87 et 113. — Tuyaux pour pompes à incendie. (Voir également I *b* et IV *a*.)

*Société anonyme de construction d'appareils hydrauliques et d'éclairage public, à Paris : p. 81 et 113. — Robinets pour service d'incendie. (Voir aussi IV *c*.)

*Société d'entreprise générale de distributions et de concessions d'eau, de gaz et de travaux publics, à Paris : p. 49, 77, 99 et 113. — Bouches d'incendie. (Voir également II *a* et *f*, IV *a* et *c*, et V *d*.)

M. *Henri David, à Orléans : p. 83 et 114. — Pompe à incendie. (Voir aussi IV *a*.)

M. *F. Dyckhoff fils, à Bar-le-Duc : p. 84 et 114. — Pompes à incendie. (Voir également IV *a*.)

MM. *Champenois-Rambeaux et Cie, à Cousances-aux-Forges (Meuse) : p. 23, 88 et 114. — Roues pour pompes diverses. (Voir aussi I *a* et IV *a*.)

MM. *Carré fils aîné et Cie, à Paris : p. 82, 99 et 114. — Réservoirs-élévateurs pour secours contre l'incendie. (Voir également IV *a* et V *d*.)

M. *Edmond Henry, à Paris : p. 82, 99 et 114. — Élévateur d'eau pour secours contre le feu. (Voir aussi IV *a* et V *d*.)

M. *F. Bohler, à Paris : p. 83 et 114. — Lances de secours. (Voir également IV *a*.)

M. *Charles Rudolph, à Paris : p. 22, 84, 97 et 114. — Chariot de secours, tuyaux et poste d'incendie. (Voir aussi I *b*, IV *c* et V *c*.)

ALLEMAGNE.

Maison C.-D. Magirus, à Ulm-sur-le-Danube (Wurtemberg) : p. 86 et 103. — Échelles et pompes d'incendie, équipement et matériel d'attaque et de sauvetage. (Voir également IV *a*.)

Deutsche Rettungsfenster Aktien-Gesellschaft, Patent Scherrer, à Beuel-sur-Rhin : p. 107. — Fenêtres-échelles de sauvetage.

M. J.-G. Lieb, à Biberach-sur-Riss (Wurtemberg) : p. 108. — Échelles et matériel d'incendie.

Wagenbauanstalt und Waggonfabrik für electrische Bahnen, à Bautzen (Saxe) : p. 87 et 109. — Pompes d'incendie. (Voir aussi IV *a*.)

MM. *Frantz Pretzel et Cie, à Berlin : p. 16, 49, 86 et 113. — Extincteurs et seaux d'incendie. (Voir également I *a* et *b*, II *b* et *c*, IV *a*, *b* et *c*, et VI *b*.)

MM. *Schaeffer et Budenberg, à Magdebourg-Buckau : p. 26, 36, 67, 86, 98 et 113. — Bouches et lances d'incendie, appareils extincteurs, et pare-étincelles pour cheminées de chaudières. (Voir aussi I *a*, II *a*, *b*, *c*, *d* et *f*, III *a*, IV *a* et *c*, V *a* et *c*, et VI *b*.)

*Société par actions Siemens et Halske, à Berlin : p. 43, 88, 98 et 113. — Avertisseurs d'incendie et contrôleurs de rondes. (Voir également II *c* et *f*, IV *c* et V *a*.)

AUTRICHE.

M. Reginald Czermarck, à Teplitz-en-Bohême : p. 85 et 101. — Pompes et matériel d'incendie et de sauvetage. (Voir aussi IV *a* et *c*.)

Comité permanent des pompiers en Autriche, à Teplitz (Bohême) : p. 102. — Organisation du sauvetage et du service des sapeurs-pompiers.

M. Josef Żurek, à Freistadt (Silésie) : p. 110. — Échelles d'incendie et de sauvetage.

BELGIQUE.

M. J. Tombeur, à Bruxelles : p. 111. — Extincteurs et train de premier secours.

ÉTATS-UNIS.

*Geo.-F. Blake Manufacturing Co, à New York : p. 73, 98 et 112. — Pompes à incendie. (Voir également IV *a* et V *b*.)

*Chapman Valve Manufacturing Co, à Indian Orchard : p. 82 et 114. — Valves et robinets à incendie. (Voir aussi IV *c*.)

GRANDE-BRETAGNE.

Société Merryweather et fils, limited, à Londres : p. 86 et 108. — Pompes d'incendie. (Voir également IV *a*.)

Société Mather et Platt, limited (Section Dowson, Taylor et Cie), à Londres : p. 99 et 108. — Avertisseur et extincteurs d'incendie, lance, raccord et portes blindées. (Voir aussi V *a*.)

HONGRIE.

**Société anonyme de constructions mécaniques et de pompes à incendie de Budapest : p. 78, 99 et 108. — Pompes et matériel d'incendie. (Voir également IV *a* et V *b*.)

M. F. Seltenhofer fils, à Sopron : p. 87 et 109. — Pompes d'incendie. (Voir aussi IV *a*.)

PORTUGAL.

Municipalité de Lisbonne : p. 109. — Organisation du service d'incendie et de sauvetage.

ROUMANIE.

M. L. Leyendecker, à Bucarest : p. 88 et 110. — Pompes d'incendie. (Voir également IV *a*.)

RUSSIE.

MM. Ad. et J. Tretzer, à Varsovie : p. 87 et 109. — Pompes d'incendie. (Voir aussi IV *a*.)

SUÈDE.

Société anonyme des usines de Ludwigsberg, à Stockholm : p. 86, 98 et 107. — Pompes et matériel d'incendie. (Voir également IV *a* et V *b*.)

*Société anonyme «Excelsior» pour la fabrication de machines, à Vaxholm : p. 84 et 114. — Pompes d'incendie (Voir aussi IV *a*.)

SUISSE.

M. J.-U. Aebi, à Berthoud : p. 87 et 109. — Pompes d'incendie. (Voir également IV *a*.)

M. le Colonel A. Pingoud, à Lausanne : p. 110. — Manuel du sapeur-pompier.

M. **H. Wernecke, à Staefa : p. 23, 88, 99 et 110. — Tuyaux pour incendie. (Voir aussi I *b*, IV *c* et V *c*.)

M. *Robert Suter, à Thayngen : p. 25 et 115. — «Hydrant rapide», étoffes spéciales d'équipement et tuyaux pour service d'incendie. (Voir également I *b*.)

VI *b*. — Prévention des accidents du travail.

Associations et appareils pour prévenir les accidents de machines.

FRANCE.

**Société des ingénieurs civils de France, à Paris : pages 9, 29, 53, 69, 91 et 101. — Publications techniques. (Voir également I à V, et VI *a*.)

Association des industriels de France contre les accidents du travail, à Paris : p. 26, 66 et 104. — Appareils protecteurs divers et organisation de l'œuvre préventive des accidents de l'industrie. (Voir aussi I *a* et *b*, et III *a* et *c*.)

M. **A. Brousset, à Nogent-sur-Marne (Seine) : p. 26, 40, 82 et 109. — Pédale à diminution de fatigue, et dispositif de prévention pour machines à volant. (Voir aussi I *a*, II *b* et *d*, et IV *a*.)

MM. F. Casassa fils et Cie, à Pantin (Seine) et à Paris : p. 88 et 110. — Casque contre les poussières. (Voir également IV *c* et VI *a*.)

M. A. Bara, à Paris : p. 112. — Tubes de niveau blindés.

M. V. Français, à Cornimont (Vosges) : p. 112. — Protecteur de scies circulaires.

M. Aug. Lebrun, à Chalon-sur-Saône : p. 112. — Pare-éclats.

*Société industrielle des téléphones, à Paris : p. 14, 55, 86, 98 et 112. — Gants et moufles de protection. (Voir aussi I *b*, III *b*, IV *c*, V *c* et VI *a*.)

M. *A. Piat et ses fils, à Paris : p. 11, 55 et 112. — Passe-courroie et embrayage à dispositif d'arrêt. (Voir également I *a* et III *a* et *b*.)

M. *Antoine Brancher, à Paris : p. 19 et 114. — Monte-courroies. (Voir aussi I *a*.)

M. *Armand Janet, à Paris : p. 19 et 114. — Dispositifs de sécurité pour arbres flexibles. (Voir également I *b*.)

M. *A. Delafraye, à Marissel-les-Beauvais (Oise) : p. 24, 67 et 114. — Garnitures de machines-outils et protecteurs de chaînes de transmission. (Voir aussi I *a* et *b*, et III *a*.)

MM. *G. Lallemant et E. Journaux, à Arnay-sous-Vitteaux et Marigny-le-Cahouet (Côte-d'Or) : p. 44 et 114. — Dispositif pour arrêt de moteurs hydrauliques. (Voir également II *a*.)

MM. *Ollivier et Cie, à Paris : p. 44 et 114. — Garde-navette et protecteurs divers. (Voir aussi II *a* et *c*.)

ALLEMAGNE.

MM. *Frantz Pretzel et Cie, à Berlin : p. 16, 49, 86 et 113. — Monte-courroies et bagues protectrices de niveau d'eau. (Voir également I *a* et *b*, II *b* et *c*, IV *a*, *b* et *c*, et VI *a*.)

MM. *Schaeffer et Budenberg, à Magdebourg-Buckau : p. 26, 36, 67, 86, 98 et 113. — Niveaux d'eau à protection. (Voir aussi I *a*, II *a*, *b*, *c*, *d* et *f*, III *a*, IV *a* et *c*, V *a* et *c*, et VI *a*.)

M. *Otto Gehrckens, à Hambourg : p. 17, 86 et 113. — Monte-courroies. (Voir également I *b* et IV *b*.)

M. *Rudolph Chillingworth, à Nuremberg : p. 19, 87, 99 et 114. — Couvre-engrenages. (Voir aussi I *a*, IV *c* et V *c*.)

M. *Hans Reisert, à Cologne : p. 47, 89 et 115. — Tubes de niveau à protection. (Voir également II *a*, *b*, *c* et *f*, et IV *a*.)

ITALIE.

M. *A. Stigler, à Milan : p. 62 et 113. — Dispositifs de sécurité pour ascenseurs. (Voir aussi III *c*.)

COMPLÉMENT DE L'ANNEXE N° II.

Nous donnons ici, et principalement comme suite aux Notes additionnelles des pages 51, 90 et 116 ci-dessus, diverses mentions complémentaires qui se rattachent respectivement aux Sections I à VI de la présente Annexe, savoir :

I *a*. — M. *A. Degrémont-Samaden, au Cateau (Nord) : Tocs, cliquets, bagues d'arrêt, etc.

II *b*. — M. *Emmanuel Simoneton, au Raincy (Seine-et-Oise) et à Paris : Filtres à huiles.

III *b*. — Otis Elevator C°, à New York : Escalier transporteur;
M. *Robert Suter, à Thayngen (Suisse) : Courroies pour monte-charges.

IV *a*. — M. *Ch. Cavelier de Mocomble, à Paris : Injecteurs, éjecteurs, etc.;
M. *Léon Leverd-Drieux, à Lille : Clapets de pompes.

IV *c*. — M. *Jules Richard, à Paris : Hydromètres indicateurs à distance.

V *a* et V *b*. — M. *Ch. Cavelier de Mocomble, à Paris : Aspirateurs, souffleurs et compresseurs à jets sous pression.

V *b*. — *Société Escher Wyss et Cie, à Zurich : Compresseurs d'air.

V *c*. — Batcheller Pneumatic Tube C°, à New York City : Conduites de transmission.

V *d*. — M. *Ch. Cavelier de Mocomble, à Paris : Appareils à jets de vapeur, d'air et d'eau sous pression.

VI *a*. — M. *Letestu, à Paris : Pompes et matériel d'incendie;
MM. *Allouard et Cie, à Paris : Tuyaux métalliques flexibles pour hautes pressions.

VI *b*. — MM. *Delaunay-Belleville et Cie, à Saint-Denis (Seine) : Protecteurs pour engrenages;
M. *Émile Chouanard, à Paris : Perche à crochet.

Annexe n° III.

ÉTAT

ALPHABÉTIQUE ET PAR PAYS DES EXPOSANTS HORS CONCOURS OU RÉCOMPENSÉS EN 1900 AU TITRE DE LA CLASSE DES APPAREILS DIVERS DE LA MÉCANIQUE GÉNÉRALE.

Cette liste est disposée par nationalités, et, pour chaque pays, les noms y figurent dans leur ordre alphabétique.

Chacun de ces noms est du reste suivi d'une désignation sommaire se référant à celui ou à ceux des objets qui ont plus particulièrement déterminé le choix du ou des Chapitres où se trouve la mention d'ensemble ou plus spéciale de la participation de l'exposant à la Classe 21, et ce renseignement est lui-même complété par un renvoi à la page ou bien aux passages du présent Rapport où il est question de cet exposant avec l'indication de la récompense qui lui a été décernée.

FRANCE.

Pages.

Allouard et Cie. — Tuyaux métalliques flexibles..... 85, 97

Amelin et Renaud. — Courroies pour transmissions..... 24

Arcis, Long et Cie [1]. — Courroies pour transmissions..... 21

Association des industriels de France contre les accidents du travail[2]. — Appareils contre les accidents, brochures et affiches..... 104

Audemar-Guyon. — Pompes..... 75

Augé (Édouard). — Appareils de levage.. 65

Bagshawe aîné. — Chaînes..... 66

Bara (Auguste). — Tubes de niveau d'eau blindés..... 112

Barbier et Vivez. — Ventilateurs..... 96

Bariquand et Marre. — Compteurs d'eau. 34

Bastien (Émile). — Chariot d'incendie... 109

Bauduin (A.). — Extincteurs d'incendie.. 111

Bedout (Louis). — Compteurs..... 34

Bellot (Louis). — Pompe..... 81

Benoit (Ernest)[3]. — Chaînes Galle et Vaucanson..... 21

Bernier (Mme Veuve) et Cie. — Appareils de levage..... 63

Blon (Charles). — Extincteurs d'incendie. 111

Boachon (L.). — Poulies en bois..... 23

Bocahut. — Matériel d'incendie..... 111

Bohler (Ferd.)[4]. — Appareils hydrauliques. 83

Bollée (Ernest). — Béliers hydrauliques. 73

Bonnaffous (Jules). — Appareils de levage, organes de transmissions..... 22, 65

Bougouin (Lucien). — Paliers..... 25

Bourdon (Édouard)[5]. — Appareils de mesure et appareils de graissage..... 30

Bourguet (Martial). — Poulies..... 19

Brancher (Antoine)[6]. — Poulies et organes de transmissions..... 19

Brouhot et Cie. — Pompes..... 78

Brousset (A.)[7]. — Appareils divers.... 40, 82, 109

Brulé (H.) et Cie. — Pompes..... 69

Burnouf et Palleau. — Paliers..... 25

Buzelin (F.-Jules)[8]. — Pompes..... 80

[1] Voir aussi p. 87 et 113. — [2] Voir également p. 26 et 66. — [3] Voir aussi p. 67. — [4] Voir également p. 114. — [5] Voir aussi p. 85. — [6] Voir également p. 114. — [7] Voir aussi p. 26. — [8] Voir également p. 113.

Gaillard et Cie. — Appareils de levage et de transport..... 59
Gaillette et Narçon [1]. — Matériel d'incendie..... 111
Carré (Maison «l'Incombustibilité»). — Extincteurs d'incendie..... 111
Carré fils aîné et Cie [2]. — Appareils hydrauliques..... 82
Casalonga (Dominique-A.). — Palier à rouleaux, compteur d'eau..... 22, 46
Casassa (F.) fils et Cie [3]. — Matériel d'incendie..... 110
Cavelier de Mocomble (Charles). — Appareils de levage et de transport... 53, 58
Chameroy (Edmond) [4]. — Appareils de pesage..... 37
Champenois-Rambeaux et Cie [5]. — Poulies. 23
Chartran (Henri). — Courroies pour transmissions..... 17
Chateau père et fils. — Appareils de mesure..... 41
Chemins de fer de l'État. — Appareils de mesure..... 34
Chevallier (Pol). — Courroies pour transmissions..... 21
Chouanard (Émile) [6]. — Organes de transmissions et appareils de levage.. 18, 63
Cohu. — Poulies..... 19
Compagnie anonyme continentale pour la fabrication des compteurs à gaz et autres appareils — Compteurs divers..... 39
Compagnie pour l'éclairage des villes et la fabrication des compteurs et appareils divers [7]. — Compteurs divers.... 46
Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz [8]. — Compteurs divers..... 38
Compagnie de Fives-Lille pour constructions mécaniques et entreprises. — Ascenseurs de la Tour de 300 mètres. Appareils de levage, appareil de pesage, dessins de machines hydrauliques..... 34, 56, 71
Compagnie parisienne de l'air comprimé [9]. — Appareils à air comprimé..... 95
Compagnie parisienne de matériel hygiénique à eaux gazeuses. — Extincteurs d'incendie..... 111
Constant (Louis) et Cie. — Graisseurs... 44
Coupé et Hugot. — Appareils de levage.. 65
Crépelle et Garand. — Pompes Worthington, service de l'Exposition..... 74
Daclin (Henri) [10]. — Appareils de mesure. 40
Darblay père et fils. — Pompes..... 80
Darras (Alphonse). — Appareils de mesure..... 36
Daubron (Lucien). — Pompes..... 78
David (Henri) [11]. — Pompes..... 83
Davoine (Léon). — Avertisseurs d'incendie. 111
Daydé et Pillé [12]. — Appareils de levage. 57
Degrémont-Samaden (Aldebert). — Graisseurs, petite mécanique..... 44
Delafraye (Albert) [13]. — Courroies pour transmissions..... 24
Delaloe (Léon). — Machines à essayer les matériaux..... 38
Delaunay-Belleville et Cie. — Ventilateur. 91
Delettrez (Gustave). — Graisseurs..... 40
Delos (Jules) fils. — Filtres à huile..... 47
Deplechin. — Appareils hydrauliques... 83
Desmarais et Morane (Georges). — Appareils hydrauliques..... 76
Devaux (Pétrus) [14]. — Appareils de mesure. 41
Digeon (J.) et fils aîné. — Appareils de mesure..... 33
Diligeon et Cie. — Compteurs d'eau..... 48
Domange (A.) et fils. — Courroies pour transmissions..... 12
Douane (Maurice). — Compresseurs d'air. 94
Ducomet (Joseph) [15]. — Appareils de mesure..... 40
Dumont (L.) et Cie. — Pompes..... 75
Dumontant (Louis) et Cie [16]. — Pompes.. 80
Durey-Sohy (Camille) [17]. — Pompes.... 78
Durozoi (Marcel) [18]. — Appareils hydrauliques..... 81

[1] Voir aussi p. 88. — [2] Voir également p. 99 et 114. — [3] Voir aussi p. 88. — [4] Voir également p. 67 et 87. — [5] Voir aussi p. 88 et 114. — [6] Voir également p. 49. — [7] Voir aussi p. 88. — [8] Voir également p. 87. — [9] Voir aussi p. 49 et 87. — [10] Voir également p. 87. — [11] Voir aussi p. 114. — [12] Voir également p. 86. — [13] Voir aussi p. 67 et 114. — [14] Voir également p. 87. — [15] Voir aussi p. 87. — [16] Voir également p. 49. — [17] Voir aussi p. 99 et 113. — [18] Voir également p. 49 et 99.

Duval-Pihet (Nicolas). — Machines hydrauliques 70
Dyckhoff (F.) fils [1]. — Pompes 84
Edoux et Cie. — Ascenseurs 56
Elwell et Seyrig [2]. — Compresseurs d'air. 93
Eyquem (Maurice). — Compteurs d'eau . . 48
Fafeur (Xavier). — Pompes 84
Farcot (Emmanuel) fils [3]. — Ventilateurs. 94
Fonderies de Saint-Ouen-Vendôme. — Appareils hydrauliques 83
Fontaine (Léon). — Poulies en bois 25
Fontaine-Souverain fils. — Échelles à incendie 111
Forges de Douai, Cavelier de Mocomble (Charles), Établissements d'Onnaing, Société des accumulateurs Tudor, en participation. — Grues 53
Fortier-Beaulieu jeune. — Courroies pour transmissions 13
Français (Victor). — Protecteur pour scies circulaires 112
François (L.), Grellou (A.) et Cie. — Courroies pour transmissions 13
Fremont (Charles). — Machines à essayer les métaux 38
Gallois, Cibié et Cie. — Ascenseur 65
Garnier (Paul). — Appareils de mesure . . 32
Geslin (Auguste) [4]. — Ascenseurs 64
Gibault (Mme Veuve Charles) [5]. — Accessoires de canalisations d'eau 77
Giraud (E.) et Cie. — Appareils de levage. 66
Girodias (Laurent) [6]. — Appareils hydrauliques 83
Gugumus (Louis) [7]. — Matériel d'incendie. 108
Guilliet et fils. — Organes de transmission 11
Gustin (Jules) fils aîné [8]. — Appareils de levage et organes de transmission . . 15, 62
Hallé (Jacques). — Dessins de rampe mobile 62
Hamelle (Henry). — Appareils de graissage 31
Hébert (Parfait) [9]. — Ventilateurs 97
Henry (Edmond) [10]. — Appareils hydrauliques 82
Henry (René) [11]. — Appareils de graissage. 39
Holthausen (Frédéric). — Appareil de sauvetage 112
Huglo (Victor). — Ventilateurs 96
Jacquemier (Raoul). — Appareils de mesure 41
Jager (Mme Veuve Georges). — Cordes en boyaux 24
Jandin (Henry) [12]. — Pompes 79
Janet (Armand) [13]. — Arbres de transmission flexibles 19
Janisch (de). — Distributeurs automatiques 42
Jomain (J.-M.). — Monte-charges 64
Krempp (Guillaume-L.). — Machines à fabriquer les courroies 13
Lallemant (G.) et Journaux (E.) [14]. — Régulateur 44
Larivière et Cie [15]. — Câbles pour transmissions 15
Le Blanc (Jules) [16]. — Grue Titan. Chemins élévateurs. Appareils hydrauliques. 54, 70
Lebrun (Auguste-Benjamin). — Pare-éclats 112
Lefebvre (Louis). — Graisseurs 45
Leoni (Philippe). — Distributeurs automatiques 48
Leroy (Benjamin) fils. — Graisseurs 45
Letellier-Collet. — Cordes en boyaux . . 24
Letestu. — Pompes 81
Leverd-Drieux (Léon) [17]. — Courroies pour transmissions 18
Lorin. — Appareils de levage 63
Lotte (Gaston). — Échelles à incendie . . 109
Magnard et Cie. — Appareils de levage . . . 55
Marix (Paul). — Appareils de contrôle . . . 42
Masson (Ernest) fils [18]. — Courroies pour transmissions 21
Mathelin et Garnier [19]. — Canalisations d'eau 70
Maxant (Léon). — Appareils de mesure . . 45

[1] Voir aussi p. 114. — [2] Voir également p. 86. — [3] Voir aussi p. 67. — [4] Voir également p. 99. — [5] Voir aussi p. 98 et 113. — [6] Voir également p. 27. — [7] Voir aussi p. 87. — [8] Voir également p. 49. — [9] Voir aussi p. 27. — [10] Voir également p. 99 et 114. — [11] Voir aussi p. 87 et 99. — [12] Voir également p. 67, 99 et 113. — [13] Voir aussi p. 114. — [14] Voir également p. 114. — [15] Voir aussi p. 66. — [16] Voir également p. 98. — [17] Voir aussi p. 86. — [18] Voir également p. 87. — [19] Voir aussi p. 112.

Mazeran et Sabrou. — Pompes, chemins élévateurs 63, 80
Mégy (Léandre)[1]. — Appareils de levage. 61
Mense (Joseph). — Graisseurs 47
Meunier (Émile). — Pompes 70
Mignot (Henri). — Appareils de mesure . . 47
Moisy (Jules)[2]. — Courroies pour transmissions 18
Molé (Anatole). — Embrayage 25
Mollet-Fontaine et Cie. — Compresseurs d'air et pompes à eau 83, 96
Monnet et Moyne. — Ventilateurs et humidificateurs 97
Montrichard (Marquis de)[3]. — Appareils hydrauliques 84
Morane jeune et Cie[4]. — Appareils hydrauliques 76
Moreau (F.) et Cie. — Plaques d'inscription. 48
Morin et Gensse. — Appareils de mesure. 41
Moullart (Benjamin). — Appareils de mesure 47
Muller et Roger[5]. — Graisseurs, pompes et accessoires de canalisations d'eau. 31, 70
Neu (Lucien). — Palier 19
Nivet (Albin). — Machine à essayer les matériaux 48
Ollivier et Cie[6]. — Appareils de mesure . . 44
Parenty (Henri). — Appareils de mesure. 30
Peltereau (Mme Veuve Placide) le Jeune frère. — Courroies pour transmissions. 14
Perrot (É.) et Cie. — Courroies pour transmissions 25
Philippe (L.-Alfred). — Filtres à huile . . . 47
Piat (A.) et ses fils[7]. — Organes de transmission. Chemins élévateurs 11, 55
Poullain-Beurier (Ch.). — Courroies pour transmissions 14
Prat (Louis)[8]. — Ventilateurs 96
Protais (Léon) et Cie. — Appareils de mesure 45
Régy frères. — Poulies en bois 25
Renous et Deffarges. — Appareils de levage. 65
Richard (Jules)[9]. — Appareils de mesure. 36
Risacher et Hébert[10]. — Graisseurs 47
Rochereau (Louis). — Échelles de sauvetage. 111
Rondet, Schor et Cie[11]. — Appareils de levage 63
Rossel-Wetzel (A.) et fils[12]. — Courroies pour transmissions 25
Rousseau, Lecoq (J.) et Mathieu. — Ascenseur 64
Roux, Combaluzier et Cie[13]. — Ascenseurs. 59
Rudolph (Charles)[14]. — Tuyaux et arbres flexibles 22, 84, 97
Saint frères. — Câbles pour transmissions 15
Saint-Cric et Debray. — Courroies pour transmissions 18
Sainte (A.) et Cie. — Chaînes de transmission, compteurs 24, 45
Salin et Cie. — Appareil de levage 63
Salmson (Émile) et Cie[15]. — Appareils hydrauliques 79
Sarazin. — Treuil 66
Sautter, Harlé et Cie[16]. — Pompes, ventilateurs 74, 93
Schroedter et Cie. — Appareil avertisseur. 48, 112
Sébin (Charles) fils[17]. — Chaînes Galle et Vaucanson 18
Simoneton (Emmanuel)[18]. — Tuyaux pour incendie 110
Singly (Paul de) et Cie[19]. — Tuyauteries. 77
Société anonyme des appareils à réaction radiale. — Pompes, ventilateurs. 85, 97
Société anonyme de construction d'appareils hydrauliques et d'éclairage public[20]. — Canalisations d'eau et accessoires 81
Société anonyme de construction des ponts à bascule vérificateurs système P. Guillaumin. — Appareils de pesage 42
Société anonyme des établissements Weyher et Richemond[21]. — Appareils contre l'incendie 102

[1] Voir aussi p. 26. — [2] Voir également p. 86 et 113. — [3] Voir aussi p. 99. — [4] Voir également p. 67. — [5] Voir aussi p. 98 et 112. — [6] Voir également p. 114. — [7] Voir aussi p. 112. — [8] Voir également p. 67. — [9] Voir aussi p. 113 — [10] Voir également p. 27. — [11] Voir aussi p. 49. — [12] Voir également p. 89. — [13] Voir aussi p. 98. — [14] Voir également p. 114. — [15] Voir aussi p. 49, 67 et 99. — [16] Voir également p. 67. — [17] Voir aussi p. 67. — [18] Voir également p. 88 et 99. — [19] Voir aussi p. 98. — [20] Voir également p. 113. — [21] Voir aussi p. 85 et 97.

Société anonyme pour l'exploitation d'engins graisseurs à alimentation pneumatique [1]. — Paliers graisseurs 45
Société anonyme des hauts fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson. — Canalisations d'eau 77
Société d'entreprise générale de distributions et de concessions d'eau, de gaz et de travaux publics [2]. — Canalisations d'eau et accessoires..... 77
Société française de constructions mécaniques. — Chemins élévateurs..... 55
Société française des pompes Worthington. — Pompes 72
Société générale des huiles et fournitures industrielles [3]. — Appareils de graissage. 32
Société industrielle d'enregistreurs et d'indicateurs de vitesse. — Appareils de mesure 46
Société industrielle des téléphones [4]. — Courroies pour transmissions, etc. 14, 55
Société des ingénieurs civils de France. — Publications techniques..... 9, 29, 53, 69, 91, 101
Société lyonnaise de mécanique et d'électricité [5]. — Matériel d'incendie..... 110
Soyer (Félix). — Pompes 84
Tayrac (Jules de). — Courroies pour transmissions..... 21
Testut fils et frère. — Appareils de pesage..... 46
Thirion et fils. — Pompes, matériel d'incendie, compresseurs d'air.. 73, 93, 107
Thirion (Édouard). — Ventilateurs 96
Tournache (Armand). — Courroies pour transmissions..... 24
Tournier (Eugène) et Cie. — Courroies pour transmissions..... 25
Traizet frères. — Monte-charges 66
Vidal-Beaume (Jean-Baptiste). — Appareils hydrauliques..... 83
Ville de Paris [Préfecture de Police] [6]. — Matériel des sapeurs-pompiers..... 102
Vuaillet (Francis). — Appareils de mesure..... 46
Wauquier (E.) et fils. — Pompes..... 75

ALLEMAGNE.

Bube (C.). — Appareils de mesure..... 46
Chillingworth (Rud.) [7]. — Poulies. 19
Deutsche Rettungsfenster Aktien-Gesellschaft, Patent Scherrer. — Fenêtres de sauvetage 107
Fabrique de courroies Schwartz (Ad.) et Cie [8]. — Courroies pour transmissions. 20
Flohr (Carl). — Pont roulant..... 57
Gehrckens (Otto) [9]. — Courroies pour transmissions..... 17
Horn (Dr Th.). — Appareils de mesure... 41
Kaulhausen (J.) et fils. — Courroies pour transmissions..... 20
Lieb (J.-G.). — Matériel de sapeurs-pompiers. 108
Lux'sche Industriewerke. — Compteur d'eau..... 48
Magirus (Maison C.-D.) [10]. — Matériel contre l'incendie..... 103
Moeller (Société en commandite Fr.). — Courroies pour transmissions 23
Mohr et Federhaff [11]. — Grue roulante.. 61
Pretzel (Franz) et Cie [12]. — Courroies pour transmissions..... 16
Reisert (Hans) [13]. — Graisseurs, compteurs d'eau..... 47
Schaeffer et Budenberg [14]. — Régulateurs de mouvement, appareils de graissage . 36
Schenck (Carl). — Appareils de pesage.. 37
Seiffert (Franz) et Cie. — Tuyauteries. 84, 97
Siemens et Halske [15]. — Compteurs d'eau. 43
Société par actions de constructions mécaniques de Berlin-Anhalt. — Organes de transmission, graisseurs, appareils de transport..... 11, 32, 55
Stolzenberg (Fr.) et Cie. — Engrenages.. 15
Wagenbauanstalt und Waggonfabrik für elektrische Bahnen [16]. — Pompes à incendie..... 109

[1] Voir aussi p. 26. — [2] Voir également p. 49, 99 et 113. — [3] Voir aussi p. 86 et 98. — [4] Voir également p. 86, 98 et 112. — [5] Voir aussi p. 88. — [6] Voir également p. 86. — [7] Voir aussi p. 87, 99 et 114. — [8] Voir également p. 49, 87 et 99. — [9] Voir aussi p. 86 et 113. — [10] Voir également p. 86. — [11] Voir aussi p. 49. — [12] Voir également p. 49, 86 et 113. — [13] Voir aussi p. 89 et 115. — [14] Voir également p. 26, 67, 86, 98 et 113. — [15] Voir aussi p. 88, 98 et 113. — [16] Voir également p. 87.

IMPRIMERIE NATIONALE.

AUTRICHE.

Comité permanent des sapeurs-pompiers autrichiens. — Organisation du sauvetage et du service des pompiers en Autriche. 102
Czermack (Reginald) [1]. — Appareils contre l'incendie 101
Heller frères. — Appareils de contrôle. . . 48
Rohrboeck. — Poulies 19
Spanner (A.-C.). — Compteurs d'eau 43
Żurek (Josef). — Échelles d'incendie 110

BELGIQUE.

Beer (Maison). — Transport par câble . . 65
Decq (E.) et Cie. — Courroies pour transmissions. 23
Lechat (Maison Veuve J.) et Cie. — Courroies pour transmissions. 16
Mabille (Valère). — Machines à essayer les métaux 34
Marneffe (H. de) et Cie. — Ressorts divers. 48
Société anonyme des anciens établissements Léon Lobet [2]. — Courroies pour transmissions. 23
Tombeur (Joseph). — Extincteurs d'incendie 111

DANEMARK.

Borch et Henriksen [3]. — Graisseurs 44
Hallengreen (P.-W.) et fils. — Compteurs à gaz 43
Kastrup (J.-J.). — Appareil de pesage. . . . 46

ÉTATS-UNIS.

American Steel Pulley Company. — Poulies. 19
Ashton Valve Company [4]. — Appareils de mesure. 45
Batcheller Pneumatic Tube Company [5]. — Compresseurs d'air, transmissions pneumatiques 92
Bilgram (Hugo). — Engrenages. 22
Blake (George-F.) Manufacturing Company [6]. — Pompes. 73
Bristol Company. — Appareils de mesure. 47
Chapman Valve Manufacturing Company [7]. — Accessoires de canalisations d'eau. . . 82
Christensen Engineering Company. — Compresseurs d'air 97
Crane Company. — Canalisations d'eau . . . 77
Detroit Lubrikator Company. — Appareils de graissage 44
Dresser (S.-R.). — Accessoires de tuyauteries. 85, 97
Fisher Governor Company [8]. — Régulateurs pour pompes. 43
Henderer's sons. — Crics hydrauliques . . 66
Ingersoll-Sergeant Drill Company [9]. — Compresseurs d'air. 93
Jeffrey Manufacturing Company [10]. — Câbles et chaînes d'acier. 24, 65
Locke Regulator Company [11]. — Régulateurs pour pompes. 47
Ludlow Valve Manufacturing Company. — Accessoires de canalisation d'eau 83
Lunkenheimer Company. — Appareils de graissage, accessoires de canalisations d'eau 40, 82
Monarch Governor and Machine Company. — Régulateurs. 39
Neptune Meter Company. — Compteurs d'eau. 46
Olsen (Tinius) and Co. — Appareils de mesure. Machines à essayer les matériaux. 37
Otis Elevator Company. — Ascenseurs . . 60
Rand Drill Company [12]. — Compresseurs d'air. 93
Reeves Pulley Company. — Poulies en bois, organes de transmission 25
Rice Gear Company. — Engrenages. 19
Robins Conveying Belt Company. — Appareils de transport 63
Schieren (Charles-A.) and Co [13]. — Courroies pour transmissions. 17
Shaw Electric Crane Company. — Pont roulant 61
Stillwell-Bierce and Smith-Vaile Company [14]. Compresseurs d'air. 96

[1] Voir aussi p. 85. — [2] Voir également p. 88. — [3] Voir aussi p. 27 et 67. — [4] Voir également p. 88. — [5] Voir aussi p. 67. — [6] Voir également p. 98 et 112. — [7] Voir aussi p. 114. — [8] Voir également p. 88. — [9] Voir aussi p. 48. — [10] Voir également p. 88. — [11] Voir aussi p. 89. — [12] Voir également p. 49. — [13] Voir aussi p. 86. — [14] Voir également p. 88.

Thomson Meter Company. — Compteurs d'eau 43
Tyler (W.-S.) and C°. — Cadres et cages d'ascenseurs 64
Walworth Manufacturing Company. — Tuyauteries d'eau et accessoires. 82
Winkley (F.-D.). — Couvercles pour coussinets. 25
Worthington Pumping Engine Company. — Pompes. 71

GRANDE-BRETAGNE.

Avery (W. and T.), limited. — Appareils de pesage. 46
Braime (J.-F.) and C°, limited. — Appareils de graissage. 47
Dodge Manufacturing Company, limited. — Poulies en bois 23
Frictionless Engine Packing Company, limited. — Courroies et garnitures. . 26, 47
Mac Laren (D.-K.). — Courroies pour transmissions. 20
Mather and Platt, limited [1]. — Matériel contre l'incendie. 108
Merryweather and sons [2]. — Pompes à incendie 108
Mossberg Roller Bearings, limited. — Organes de transmission. 18
Roller Bearings Company, limited. — Organes de transmission. 22
Rossendale Belting Company. — Courroies pour transmissions. 25
Salter (George) and C°. — Appareils de pesage et appareils de mesure. 42
Sampson and C°, limited. — Courroies de transmission 20
Samuelson and C°, limited. — Ventilateurs. 95
Stockall (J.-J.) and sons. — Appareils de mesure 42
Thwaites brothers, limited. — Pompe. Ventilateur. 70, 92
Wells (A.-C.) and C°. — Filtres à huile. . 47
Wilson (C.) and son. — Appareils de pesage 42

HONGRIE.

Fuchs (G.). — Appareil de pesage 46
Ganz et Cie [3]. — Pont roulant. 61
Margulies et Cie. — Courroies pour transmissions. 25
Mátrai, Feik et Cie. — Poulies en bois . . . 23
Röck (Stephan). — Pompes. 76
Seltenhofer (Frédéric) fils [4]. — Pompes à incendie. 109
Société anonyme de constructions mécaniques et de pompes à incendie de Budapest [5]. — Pompes à incendie et pompes diverses. 78, 108
Société anonyme de fonderies et constructions mécaniques «Schlick». — Pompe. 75
Société anonyme de constructions mécaniques «Vulkán». — Machine à essayer les matériaux. 43

ITALIE.

Casali (François) et fils. — Pompe. 84
Durio frères. — Courroies pour transmissions. 20
Falconi (G.) et Cie. — Ascenseur. 64
Massoni et Moroni. — Courroies pour transmissions. 20
Stigler (A.) [6]. — Ascenseurs. 62

JAPON.

Nitta (Tch.). — Courroies pour transmissions. 20

MEXIQUE.

Acosta (Simon). — Appareil de pesage. . . 48
Guevara (Petronilo). — Appareil de pesage. 48
Lessange (Amadeo). — Courroies pour transmissions. 25

NORVÈGE.

Vig et Vraalsen. — Graisseur. 47

PAYS-BAS.

Hoffman (F.-J.). — Appareil compteur. . . 48

PORTUGAL.

Bastos (Antonio-Pinto). — Compteurs d'eau. 43
Municipalité de Lisbonne. — Matériel des sapeurs-pompiers. 109

[1] Voir aussi p. 99. — [2] Voir également p. 86. — [3] Voir aussi p. 87. — [4] Voir également p. 87. — [5] Voir aussi p. 99. — [6] Voir également p. 113.

Rodrigues (Alexandre-Augusto). — Appareil de pesage. 46

ROUMANIE.

Compagnie générale des conduites d'eau de Bucarest. — Pompes et canalisations d'eau. 84
Leyendecker (Louis) [1]. — Pompes à incendie. 110

RUSSIE.

Branasky (Gustave) [2]. — Courroies pour transmissions. 24
Dmitrieff (N.-W.). — Courroies de transmission. 25
Tretzer (Ad. et J.) [3]. — Pompes à incendie. 109
Wegner (Joseph). — Courroies pour transmissions. 23

SERBIE.

Kleritch. — Embrayage. 25

SUÈDE.

Hallbergh (David). — Compteur d'eau. . . 48
Société anonyme des ateliers mécaniques J. et C.-G. Bolinder. — Accessoires de canalisations. 84
Société anonyme «Centrator» [4]. — Ventilateurs. 93
Société anonyme des ateliers de Sten Erikson. — Robinets divers. 85
Société anonyme «Excelsior», pour la fabrication de machines [5]. — Pompe. . . . 84
Société anonyme «Kontrollkranen». — Appareils de mesure 46
Société anonyme de turbines à vapeur de Laval [6]. — Turbine-pompe. 73
Société anonyme des usines de Ludwigsberg [7]. — Pompes à incendie. 107

SUISSE.

Aebi (J.-U.) [8]. — Pompes à incendie . . . 109
Ateliers de construction Burckhardt (Sté anonyme des) [9]. — Compresseurs d'air. 92
Delacroixriche (J.). — Câbles de transmission 21
Dunand frères. — Treuils. 66
Marti (Samuel). — Crics. 66
Mertz (Émile). — Ventilateurs, pompes. 81, 95
Peyer, Favarger et Cie. — Appareils de mesure 47
Pingoud (Colonel Alfred). — Manuel du sapeur-pompier 110
Société anonyme des ateliers Escher Wyss et Cie [10]. — Appareils hydrauliques. . . 72
Société anonyme, ci-devant Joh.-Jacob Rieter et Cie [11]. — Régulateurs. 39
Sulzer frères. — Pompes, ventilateurs. 72, 93
Suter (Robert) [12]. — Courroies pour transmissions. 25
Wernecke (H.) [13]. — Courroies pour transmissions et tuyaux pour incendie. 23, 110

COMPLÉMENT DES NOTES DE L'ANNEXE N° III.

France. — Allouard et Cie : Voir également p. 116. – Ch. Cavelier de Mocomble : V. aussi p. 90 et 116. – Émile Chouanard : V. également p. 116. – Aldebert Degrémont-Samaden : V. aussi p. 51. – Delaunay-Belleville et Cie : V. également p. 116. – Letestu : V. aussi p. 116. – Jules Richard : V. également p. 90. – Emmanuel Simoneton : V. aussi p. 51.

Suisse. — Société anonyme des ateliers Escher Wyss et Cie : Voir également p. 116. – Robert Suter : V. aussi p. 90.

[1] Voir aussi p. 88. — [2] Voir également p. 88. — [3] Voir aussi p. 87. — [4] Voir également p. 26. — [5] Voir aussi p. 114. — [6] Voir également p. 98. — [7] Voir aussi p. 86 et 98. — [8] Voir également p. 87. — [9] Voir aussi p. 86. — [10] Voir également p. 26. — [11] Voir aussi p. 26. — [12] Voir également p. 115. — [13] Voir aussi p. 88 et 99.

Annexe n° IV.

ÉTAT

ALPHABÉTIQUE ET PAR PAYS DES RÉCOMPENSES DE COLLABORATEURS ACCORDÉES PAR LE JURY DE LA CLASSE 21 DE L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900.

Cette liste est présentée par nationalités, et, pour chaque pays, les noms des collaborateurs y sont disposés dans l'ordre alphabétique.

Chacun des noms est d'ailleurs accompagné de celui de la maison ou du service auquel appartenait, en 1900, le titulaire de la récompense, et suivi d'un renvoi au passage du présent Rapport où se trouvent à la fois la mention d'ensemble de l'exposition à laquelle a pris part le collaborateur, et l'indication de la récompense qui lui a été décernée.

FRANCE.

Pages.

Adam (Florimond), Société française des pompes Worthington. 72
Alexandre (Alfred), maison Fontaine-Souverain fils 111
Allar (Édouard), Société française des pompes Worthington. 72
Aspe (Pierre), maison Bourdon (Édouard). 30
Aubéry, maison Muller et Roger. 31
Audoire (Louis), maison Brouhot et Cie. . 78
Barbot, maison Caillard et Cie 59
Bassères (Bonaventure), Compagnie de Fives-Lille pour constructions mécaniques et entreprises. 34
Baud (François), maison Larivière et Cie.. 15
Baudet, maison Durey-Sohy (Camille) . . . 78
Baudouin (Gustave), Société anonyme des hauts fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson. 77
Beaudrond (Étienne), Compagnie de Fives-Lille pour constructions mécaniques et entreprises. 34
Béranger (Hippolyte), maison Bourdon (Édouard). 30
Berceron, maison Muller et Roger. 31
Berthier. maison Meunier (Émile). 70
Boeuf (Charles), maison Devaux (Pétrus). 41
Bonnard (Joseph), Société française des pompes Worthington. 72
Bougarel (Frédéric), maison Bourdon (Édouard). 30
Bouscatier (Étienne), maison Fafeur (Xavier). 84
Brocq (François), Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz 38
Brulard (Amédée), maison Bollée (Ernest). 73
Caillard (Georges), maison Caillard et Cie. 59
Capeau fils (Victor), Société française de constructions mécaniques. 55
Capet (Alphonse), maison Piat (A.) et ses fils 11
Centner (Albert), maison Brulé (H.) et Cie. 69
Chappey (Eugène), maison Caillette et Narçon 111
Charbaud, maison Magnard et Cie. 55
Chevalier (Pierre), maison Garnier (Paul). 32
Cirade (Célestin), maison Masson (Ernest) fils 21
Clar, maison Muller et Roger. 31

Coger (Mathurin), Compagnie de Fives-Lille pour constructions mécaniques et entreprises. 34
Coquatrix (Victor), maison Domange (A.) et fils. 12
Cordier (Capitaine, depuis Commandant), Ville de Paris, préfecture de police. . . . 102
Courcy (Louis), maison Hamelle (Henry). 31
Dabos (Louis), maison Duval-Pihet 70
Daclin (Ch.-Henri), maison Daclin (Henri). 40
Dargent, maison Brulé (H.) et Cie. 69
Debray (Augustin), maison Bollée (Ernest). 73
Dehant (H.), maison Bernier (Mme Veuve) et Cie. 63
Delannoy (Sergent-major), Ville de Paris, préfecture de police. 102
Delorme, maison Darblay père et fils. . . . 80
Detalle (Colonel), Ville de Paris, préfecture de police. 102
Dorizon (Eugène), maison Bollée (Ernest). 73
Duhanot, maison Digeon (J.) et fils aîné. . 33
Dumas, Société industrielle d'enregistreurs et d'indicateurs de vitesse. 46
Dumontant (Jules), maison Dumontant (Louis) et Cie 80
Dupoux, maison Arcis, Long et Cie. 21
Étienne (Louis), maison Bourdon (Édouard). 30
Évens, maison Caillard et Cie. 59
Fau (Léopold), maison Chouanard (Émile). 18
Ferrières (Jules), maison Magnard et Cie. 55
Fichau, maison Darblay père et fils. 80
Fossard (Frédéric), maison Delaunay-Belleville et Cie. 91
Fretin (Ferdinand), maison Crépelle et Garand 74
Gaillard (Ch.), maison Magnard et Cie. . . 55
Genet (Eugène), Société industrielle des téléphones. 14
Georges (L. de), Société anonyme des appareils à réaction radiale 85
Geslin (Adolphe), maison Geslin 64
Geslin (Auguste), maison Geslin 64
Gevin (Charles), Compagnie parisienne de l'air comprimé. 95
Gosset (Lucien), Société française des pompes Worthington. 72
Grelin (Jean), maison Dumontant (Louis) et Cie. 80
Guillaumet, maison Le Blanc (Jules). . . . 54
Harang (Jules), maison Piat (A.) et ses fils 11
Hausser (William), Société industrielle des téléphones. 14
Henry (Émile), Société anonyme des hauts-fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson. 77
Iung (Charles), Société industrielle des téléphones 14
Keller (Georges), maison Krempp (Guillaume-L.). 13
Kéromez, maison Masson (Ernest) fils . . . 21
Leclerc (Alexis), maison Daydé et Pillé. . 57
Lefebvre (G.), maison Durey-Sohy (Camille. 78
Legat (Gaston), maison Chouanard (Émile). 18
Lenoir (François), maison Devaux (Pétrus). 41
Leroy (Énolas), Société française de constructions mécaniques 55
Level (Jacques), Société industrielle des téléphones. 14
Loisel (Julien), maison Durey-Sohy (Camille) 78
Madamet (Augustin), maison Cavelier de Mocomble (Charles). 58
Malassé, maison Le Blanc (Jules) 54
Mamy (Henri), Association des industriels de France contre les accidents du travail. 104
Mano (Michel), Compagnie de Fives-Lille pour constructions mécaniques et entreprises 34
Maréchal (Camille), maison Bronhot et Cie. 78
Marichal (A.), Société française des pompes Worthington. 72
Martinache (Alexandre), maison Crépelle et Garand 74
Massabieaux, Compagnie parisienne de l'air comprimé. 95
Masson (Jean), maison Chartran (Henri). 17
Mathei (Jules-Ferdinand), Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz. 38
Mayer (Paul), Compagnie parisienne de l'air comprimé. 95
Mermet (François), maison Devaux (Pétrus). 41

Meyer (Émile), maison Chouanard (Émile). 18
Milon (Eugène), Société française des pompes Worthington. 72
Moreau (Victor), maison Brulé (H.) et Cie. 69
Morel (Joseph), maison Daclin (Henri). . 40
Morvan (Adjudant), Ville de Paris, préfecture de police 102
Naissant, maison Audemar-Guyon 75
Nicole, maison François (L.), Grellou (A.) et Cie. 13
Pasquet (Paul), maison Durey-Solry (Camille). 78
Pax (Chrétien), maison Piat (A.) et ses fils 11
Payan (Numa), Compagnie de Fives-Lille pour constructions mécaniques et entreprises 34
Person, maison Caillard et Cie 59
Pichard, maison Digeon (J.) et fils aîné. . 33
Pivier (Vincent), maison Morin et Gensse. 41
Pollet, maison Digeon (J.) et fils aîné. . . 33
Poulard (Albert), maison Chartran (Henri). 17
Prieur, maison Darblay père et fils. 80
Quentin (Ernest), maison Morin et Gensse. 41
Raeiter (Auguste), maison Ollivier et Cie. 44
Ravet (Sergent), Ville de Paris, préfecture de police. 102
Ribourt (Léon), Compagnie de Fives-Lille pour constructions mécaniques et entreprises. 34
Richez (Louis), maison Crépelle et Garand. 74
Risbourg (Henri), Société française de constructions mécaniques 55
Robert (Dominique), maison Piat (A.) et ses fils. 11
Roley (Louis), Société française de constructions mécaniques 55
Sangniez (Émile), maison Daydé et Pillé. . 57
Schneider (Nicolas), Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz 38
Singre, Compagnie de Fives-Lille pour constructions mécaniques et entreprises. 34
Tallon (Georges), maison Bourdon (Édouard). 30
Tanchaut, maison Bourdon (Édouard) . . . 30
Têtedoux (Paul), maison Hamelle (Henry). 31
Thomas (Augustin), maison Piat (A.) et ses fils. 11
Tinel (Edmond), maison Cavelier de Mocomble (Charles). 58
Troulet, maison Darblay père et fils. 80
Villard (Joseph), maison Bonnaffous (Jules) 22
Voiturier (Émile), maison Crépelle et Garand 74
Warin (Mario-Werner), maison Crépelle et Garand 74
Wartel (Jules), maison Duval-Pihet 70
Wendling, maison Le Blanc (Jules). 54

ALLEMAGNE.

Krabbe (Ernst), Société par actions de constructions mécaniques de Berlin-Anhalt. 11
Roth (Heinrich), Société par actions de constructions mécaniques de Berlin-Anhalt. 11
Podolsky (A.), Société par actions de constructions mécaniques de Berlin-Anhalt. 11
Schrader (Wolfgang), maison Flohr (Carl). 57
Weichelt (Carl), Société par actions Siemens et Halske. 43
Winter (Conrad), maison Flohr (Carl). . . 57

AUTRICHE.

Schmidt (Oskar), maison Czermack (Reginald). 101

BELGIQUE.

Aquaviva, maison Lechat (Mme Veuve J.) et Cie. 16
Barit (Eugène), maison Lechat (Mme Veuve J.) et Cie. 16
Booghmans (Joseph), maison Tombeur (Joseph) 111
Heckel (Ernest), Société anonyme de la maison Beer. 65
Lince (Henri), Société anonyme des anciens établissements Léon Lobet 23
Minnaert, maison Lechat (Mme Veuve J.) et Cie. 16
Orban (Nicolas), Société anonyme des anciens établissements Léon Lobet. 23
Springer (Cornélis), Société anonyme de la maison Beer. 65

DANEMARK.

Jensen (Jörgen), maison Borch et Henriksen 44
Nielsen (Peter-Ludvig), maison Borch et Henriksen 44

ÉTATS-UNIS.

Anderson (Arvid), maison Olsen (Tinius) and C°. 37
Hansen (Anton), maison Olsen (Tinius) and C° 37
Seeberger (Charles-D.), Otis Elevator Company 60
Tyler (W.-S.), Otis Elevator Company. . . 60
Wheeler (F.-M.), Blake Manufacturing Company. 73

GRANDE-BRETAGNE.

Cunningham (Hughes), maison Samuelson and C°, limited. 95

SUISSE.

Aeppli (A.), Société anonyme des ateliers Escher Wyss et Cie. 72
Boesch (J.), Société anonyme des ateliers Escher Wyss et Cie. 72
Fuegenschuh (F.), Société anonyme des ateliers Escher Wyss et Cie 72

Annexe n° V.

CLASSE 21 DE 1900.

RÉSUMÉ NUMÉRIQUE DES RÉCOMPENSES D'EXPOSANTS ET DE COLLABORATEURS.

N. B. — Comme il est indiqué au Tableau des pages 170 et 171 ci-après, 445 exposants avaient été, en 1900, retenus et examinés par le Jury des Appareils divers de la Mécanique générale.

Il convient d'ajouter, au point de vue statistique, que 116 autres exposants figuraient au même titre des « Appareils divers » sur le *Catalogue général officiel* de l'Exposition, mais que le Jury de la Classe 21 n'a pas eu à leur décerner de notes, soit que leur renvoi à d'autres Classes ait dû être proposé en raison de la nature des objets qu'ils présentaient, soit qu'il y ait eu, de leur part, renonciation à exposer ou retard considérable à procéder à leur installation.

Ces 116 exposants se répartissaient comme suit entre la Section française et les Sections étrangères :

France et Algérie	17	Mexique	9
Allemagne	13	Norvège	4
Autriche	5	Pays-Bas	1
Belgique	1	Portugal	4
Danemark	1	Roumanie	1
Équateur	1	Russie	2
Espagne	4	Suède	1
États-Unis	25	Suisse	4
Grande-Bretagne	13		
Hongrie	5	Total égal	116
Italie	5		

TABLEAU RÉSUMANT PAR PAYS LE NOMBRE DES RÉCOMPENSES DE CHAQUE ESPÈCE DÉCERNÉES EN 1900 AUX EXPOSANTS DE LA CLASSE DES APPAREILS DIVERS DE LA MÉCANIQUE GÉNÉRALE ET À LEURS COLLABORATEURS.

DÉSIGNATION DES RÉCOMPENSES.	FRANCE ET ALGÉRIE.	ALLEMAGNE.	AUTRICHE.	BELGIQUE.	DANEMARK.	ÉQUATEUR.	ESPAGNE.	ÉTATS-UNIS.	GRANDE-BRETAGNE ET CANADA.	HONGRIE.	ITALIE.	JAPON.	MEXIQUE.	NORVÈGE.	PAYS-BAS.	PORTUGAL ET MACAO.	ROUMANIE.	RUSSIE.	SERBIE.	SUÈDE.	SUISSE.	TOTAL.
EXPOSANTS.																						
Hors concours	32	1	1	1	//	//	//	//	1	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	36
Grands prix	10	2	1	//	//	//	//	4	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	3	20
Médailles d'or	27	8	//	1	//	//	//	6	1	3	1	//	//	//	//	//	//	//	//	3	//	50
Médailles d'argent	49	6	2	//	1	//	//	9	8	3	3	1	//	//	//	2	//	1	//	//	4	89
Médailles de bronze	49	3	1	3	2	//	//	8	3	2	1	//	//	//	//	1	2	2	//	3	2	82
Mentions honorables	41	2	1	2	//	//	//	7	4	1	//	//	3	1	1	//	//	1	1	2	4	71
Totaux pour les exposants	208	22	6	7	3	//	//	34	17	9	5	1	3	1	1	3	2	4	1	8	13	348
Le nombre des exposants retenus et examinés par le Jury étant de	256	26	7	8	4	1	3	51	27	12	6	1	4	1	2	5	2	5	1	9	14	445
COLLABORATEURS.																						
Grand prix	1	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	1
Médailles d'or	23	2	1	//	//	//	//	3	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	1	30
Médailles d'argent	29	3	//	1	//	//	//	2	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	2	37
Médailles de bronze	45	1	//	3	1	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	50
Mentions honorables	28	//	//	4	1	//	//	//	1	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	34
Totaux pour les collaborateurs	126	6	1	8	2	//	//	5	1	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	3	152
Totaux généraux des diverses récompenses	334	28	7	15	5	//	//	39	18	9	5	1	3	1	1	3	2	4	1	8	16	500

CLASSE 22

Machines-Outils

RAPPORT DU JURY INTERNATIONAL

PAR

M. ALBERT MASSELON

CHEF D'ESCADRON D'ARTILLERIE

C. F. E.

12

IMPRIMERIE NATIONALE

COMPOSITION DU JURY.

BUREAU.

MM. Bariquand (Émile), machines-outils de précision [maison Bariquand et Marre] (comités, jury, Paris 1878; comités, grands prix, Paris 1889; président des comités et du groupe IV, Paris 1900), *président*..... France.

Drake (F. E.), directeur des machines et de l'électricité au Commissariat des États-Unis, *vice-président*..... États-Unis.

Masselon (Albert), commandant d'artillerie, sous-directeur de la Manufacture d'armes de guerre, à Tulle (Corrèze), *rapporteur*..... France.

Rumpf fils (Martin-Henri), ingénieur, administrateur-directeur de la Société anonyme «Le Progrès industriel», à Bruxelles, *secrétaire*..... Belgique.

JURÉS TITULAIRES FRANÇAIS.

MM. Duval-Pihet (Nicolas), machines-outils (comités, médaille d'or, Paris 1889; vice-président des comités, Paris 1900)..... France.

Guilliet (Germain), machines à travailler le bois [maison Guilliet et fils] (médaille d'or, Paris 1878; grand prix, Paris 1889; comités, Paris 1900)..... France.

Haret fils (Émile), menuiserie (hors concours, Paris 1878, 1889; secrétaire des comités, Paris 1900), inspecteur régional de l'enseignement technique, ancien président du Conseil des prud'hommes de la Seine... France.

Maréchal (Lucien), ancien ingénieur de la marine, ingénieur en chef du matériel de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée..... France.

Poulot (Denis), machines et produits pour le polissage (comités, Paris 1878, 1889, 1900; médaille d'or, Paris 1889), inspecteur régional de l'enseignement technique..... France.

Tresca (Gustave), ingénieur adjoint, conservateur des collections au Conservatoire national des arts et manufactures (rapporteur des comités, Paris 1900)..... France.

JURÉS TITULAIRES ÉTRANGERS.

MM. Hartmann (Guillaume), professeur des sciences mécaniques à l'École supérieure technique de Charlottenburg, à Berlin..... Allemagne.

Hart O'Berg, directeur de la société «Columbia» à Paris..... États-Unis.

Lewis Bart (William Thomas)..... Grande-Bretagne.

de Luca (Eug.-Philippe), directeur de l'École royale industrielle Alexandre-Volta, à Naples..... Italie.

MM. Krag (O.), colonel d'artillerie..... Norvège.

Sellergren (G. A.), professeur de mécanique à l'École polytechnique de Suède..... Suède.

JURÉS SUPPLÉANTS ÉTRANGERS.

MM. Schmaltz (Friedrich), machines-outils, à Offenbach..... Allemagne.

Burton (Charles)..... Grande-Bretagne.

Rob Meier (M.), directeur des Usines L. de Roll, à Gerlafingen..... Suisse.

MACHINES-OUTILS.

INTRODUCTION.

Considérations générales sur l'Exposition de la Classe 22. — Organes principaux des machines-outils: transmission de la force, harnais d'engrenages, arbres principaux des machines, conduite des chariots.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR L'EXPOSITION DE LA CLASSE 22.

La Classe 22 comprenait les machines à travailler les métaux, les machines à travailler le bois et quelques machines à travailler diverses matières, telles que la pierre et le liège. Elle était, dans son ensemble, installée dans le palais du Champ-de-Mars; toutefois, les constructeurs américains qui, venus en grand nombre, n'avaient pu trouver une place suffisante à Paris, avaient fait édifier à l'annexe de Vincennes un bâtiment spécial dans lequel ils présentaient leurs machines en marche.

Le nombre des exposants était de 355 ainsi répartis par puissance:

France	140	Norvège	2
Allemagne	20	Portugal	1
Autriche	7	Roumanie	2
Belgique	7	Russie	2
Danemark	1	Serbie	1
États-Unis	115	Suède	12
Grande-Bretagne	22	Suisse	12
Hongrie	8	Équateur	1
Italie	2		

294 récompenses ont été accordées, savoir :

Grands prix	22	Médailles de bronze	76
Médailles d'or	56	Mentions honorables	42
Médailles d'argent	98		

Nous renverrons au palmarès pour l'indication des exposants récompensés, et, nous renfermant exclusivement dans notre rôle de rapporteur tel qu'il est défini à l'article 86 du Règlement général, *nous chercherons à faire la part des progrès accomplis depuis 1889, et à mettre en lumière la situation générale de la production à la fin du XIXe siècle.*

Les machines-outils qui étaient exposées dans la Classe 22 peuvent, quelle que soit

la nature de la matière à laquelle elles s'appliquent, rentrer dans deux catégories principales :

1° Machines de construction ou d'usage général, susceptibles de se prêter à des travaux variés;

2° Machines de fabrication, disposées en vue d'effectuer des opérations nettement déterminées.

Les secondes ne sont le plus souvent d'ailleurs que des machines de construction adaptées à un travail défini et peuvent être considérées comme une spécialisation des premières. C'est ainsi que la plupart des machines d'usage général sont susceptibles, par l'addition d'appareils ayant généralement pour but d'assurer l'invariabilité de la position des objets à confectionner par rapport à l'outil, de devenir de véritables machines de fabrication. Seules ou en liaison avec les machines de fabrication proprement dite, elles peuvent être groupées par séries et effectuer chacune une opération distincte; elles sont alors confiées, en nombre variable avec la durée de la passe automatique, à la conduite d'un même ouvrier, dont la fonction se borne à les alimenter. On arrive ainsi à fabriquer en très grande quantité, et à des prix relativement faibles, des pièces précises et interchangeables, tout en employant des ouvriers ordinaires.

Il est regrettable que les constructeurs n'aient pu nous montrer qu'exceptionnellement leurs machines dans ces conditions de travail; c'eût été le moyen de nous faire apercevoir les qualités de fini et de précision du matériel qu'ils exposaient, mais on comprend qu'en présence de la place qui leur eût été nécessaire et de la dépense considérable qu'eût entraînée le déplacement d'ateliers complets, ils se soient le plus souvent contentés de présenter leurs machines comme des produits, et non comme des agents de production.

Les machines de fabrication peuvent donc, pour l'étude que nous aurons à faire, rentrer dans un groupe de machines d'usage général, caractérisé par la nature de l'outil; elles participent tout d'abord aux progrès qui ont pu être réalisés sur les machines similaires; mais de plus, ce qui les caractérise, c'est la tendance à l'automaticité complète. Toutefois, si elles permettent d'employer des ouvriers moins bien doués pour obtenir ce qu'un ouvrier plus capable n'aurait autrefois produit que difficilement, on ne peut nier que, pour leur montage, leur réglage et leur surveillance, elles exigent d'excellents praticiens, intelligents, instruits et doués de l'esprit d'observation, de recherche, d'initiative et de méthode, et on ne saurait trop encourager pour la formation de ces derniers les écoles d'apprentissage et les écoles professionnelles.

Si nous jetons un coup d'œil rapide sur l'ensemble de l'Exposition des machines-outils, nous trouvons d'abord les machines à percer, aléser, tourner, raboter le fer et la fonte, qui existaient déjà au commencement du XIXe siècle dans les ateliers de construction des machines à vapeur, avec le même mode d'action de l'outil, mais dans des conditions d'emploi quelquefois différentes.

Le tour, par exemple, qui pendant longtemps a été la machine universelle par excel-

lence, tend à se spécialiser en vue des seuls travaux de tournage et à se débarrasser de ces appareils divers et de ces fonctions multiples qui exigeaient la présence d'un ouvrier d'une habileté spéciale; en même temps, par l'adjonction de harnais d'un maniement simple et facile, on évite à celui qui le conduit le calcul et la recherche des combinaisons de vitesse entre l'avance du chariot et la rotation de la poupée donnant la variété des pas de filetage. Dans le travail des pièces de grand diamètre, le tour à axe vertical se substitue au tour à axe horizontal et, grâce à l'horizontalité de son plateau, offre l'avantage d'un montage des pièces plus facile et moins dangereux, en même temps qu'il présente une plus grande stabilité dans le travail. Nous voyons également le tour s'adapter d'abord au décolletage dans la barre d'une série de petites pièces similaires, par l'adjonction d'un revolver permettant l'emploi successif de plusieurs outils, puis la succession des mouvements des outils et l'avance de la barre devenir automatiques, et enfin le même principe s'étendre au travail de barres d'un plus grand diamètre et finalement au travail de pièces fondues ou forgées, le rôle de l'ouvrier se bornant à l'alimentation du magasin.

Toutefois, malgré le perfectionnement des machines et la facilité de leur emploi, les conditions de travail des outils de tour sont longtemps restées les mêmes; depuis quelque temps la métallurgie a introduit des aciers spéciaux à outils qui permettent d'obtenir, dans un temps donné, une quantité de copeaux hors de proportion avec ce qui était admis jusqu'alors; si les résultats de la pratique viennent confirmer les premiers essais, l'adoption d'aciers de cette espèce sera de nature à modifier l'établissement des machines, en raison des vitesses extraordinaires qu'ils admettent; nous croyons savoir d'ailleurs que certains constructeurs se sont déjà préoccupés de la question et ont dirigé leurs études en conséquence.

Si nous passons aux machines à percer et à aléser, nous voyons qu'elles se modifient pour se plier aux besoins de l'industrie moderne, soit pour percer simultanément un grand nombre de trous dans les moyeux de bicyclettes, bâtis de moteurs électriques, etc., soit, à un point de vue plus spécial, pour percer aussi droit que possible de longs trous, dans les canons de fusil, par exemple.

La machine à raboter, une des premières entrées dans les ateliers mécaniques, se perfectionne de façon à devenir moins encombrante et à supprimer les temps perdus, non seulement par un retour rapide à vide, que les premiers constructeurs avaient recherché dès le début, mais encore par l'adoption d'une vitesse uniforme dans le travail.

Nous assistons également au développement complet de la machine à fraiser, qui, par la diversité de ses dispositions et la forme de ses outils, se prête aux travaux les plus variés, en même temps que, grâce à une perfection plus grande dans la construction de ses organes, elle arrive à atteindre des avances considérables. Dernière venue parmi les machines d'usage général, elle ne tarde pas à empiéter sur le domaine de ses rivales et à entrer en lutte, en particulier, avec les puissantes machines à raboter : par l'emploi d'outils à profil souvent compliqué, elle attaque la matière sur une grande largeur et

donne un meilleur rendement dans le travail des pièces volumineuses et de formes contournées.

Quelles que soient toutefois la perfection de construction et la facilité de réglage des machines, on ne saurait obtenir de précision sans un bon entretien de l'outil; à ce sujet, les machines à meuler ont fait faire depuis trente ans un pas considérable à l'outillage, et sans elles les machines à fraiser n'auraient pu se développer. Elles se prêtent aujourd'hui, par leur variété, à l'affûtage de tous les outils, et on ne pourrait concevoir le tracé de l'un d'eux, quel qu'il soit, sans l'indication immédiate de la machine qui l'affûtera. Nous signalerons d'ailleurs le principe généralement admis aujourd'hui de confier à un atelier spécial le soin de la constructien et de l'entretien de tous les outils, sans exception; de cette façon, on assure à ces derniers les formes que la théorie et l'expérience ont déterminées comme les plus avantageuses, en même temps que l'ouvrier, abondamment pourvu des outils qui lui sont nécessaires, n'est plus distrait du travail propre qui lui incombe et augmente le rendement de sa machine en évitant les chômages.

Non seulement la meule d'émeri est devenue l'auxiliaire le plus puissant des ateliers d'outillage, mais encore elle a étendu son action dans les ateliers de fabrication et a permis d'augmenter la précision des objets confectionnés; mais cette précision même que ne sauraient donner les outils coupants, surtout lorsqu'ils travaillent sur des pièces trempées, n'a pu longtemps être obtenue que par le tâtonnement; on commence aujourd'hui, grâce aux progrès réalisés dans la construction des machines à meuler, à entrevoir la possibilité de l'obtenir d'une façon méthodique et automatique.

Si, dans l'ensemble de l'exposition de la Classe 22, nous ne trouvons pas d'outils absolument nouveaux, nous rencontrons cependant des dispositions de date récente et nous voyons le souci des constructeurs d'adopter des formes rationnelles qui puissent être invariablement reproduites; nous constatons à ce sujet le développement qu'ont pris depuis une dizaine d'années les fraises de forme américaines et l'extension de leur principe aux outils de tour, de machines à bois, etc.

Toutefois, la précision qu'on recherche dans la fabrication des pièces serait illusoire, si l'on n'avait à sa disposition le moyen de la vérifier d'une façon sûre et absolue; nous trouverons dans l'exposition des meilleurs constructeurs les instruments de haute précision qui permettent de comparer à un étalon unique les appareils de mesure et de vérification, et nous verrons apparaître des appareils optiques permettant de vérifier et de rectifier au besoin ce qui jusqu'à ce jour avait échappé à la mesure, les défauts de rectitude des lignes et des surfaces.

Si nous passons maintenant à l'examen du matériel qui est destiné aux opérations de la forge ou au travail des tôles, nous avons à noter l'ingéniosité des dispositions souvent adoptées par les constructeurs pour obtenir à des prix relativement peu élevés toute une variété d'objets d'usage journalier, tels que les boîtes métalliques, les ustensiles de ménage, etc.

Dans l'exposition des machines destinées au travail des bois, nous n'aurons pas à constater, depuis 1889, d'invention bien nouvelle ni d'évolution bien saillante; nous

verrons toutefois, dans les pays qui fournissent en abondance les arbres de nature variée et en particulier en Amérique où la matière est à bon marché et le prix de la main-d'œuvre élevé, des machines puissantes à amenage à grande vitesse, permettant l'exploitation rapide et économique des vastes forêts.

Enfin, les machines servant à l'exploitation de la pierre, bien qu'en nombre limité dans la Classe 22, nous montreront cependant les progrès qui ont été réalisés pour scier les pierres à l'aide du diamant ou pour parer les blocs une fois découpés.

Toute la variété des machines-outils de nature et de provenance quelconque exige de la part de ceux qui les emploient un entretien constant; on imagine facilement les frais énormes qu'entraîne la fabrication des pièces de rechange, quand les conditions de leur établissement varient d'un constructeur à l'autre. Nous verrons la tendance des meilleurs constructeurs du monde à s'entendre sur les formes et les tracés à adopter, et à chercher en un mot à uniformiser les systèmes : depuis un siècle il y a eu un courant constant vers l'unification des mesures et l'adoption du mètre international; depuis 1889, nous avons assisté à l'unification presque générale des filetages, aujourd'hui nous formulerons le vœu de l'unification prochaine des engrenages et de tous les organes de machines sur lesquels l'entente est possible. Nous verrons d'ailleurs quelle variété de méthodes nous offre l'Exposition pour tailler correctement les engrenages coniques; nous assisterons au développement de celle qui consiste à tailler l'une des roues par l'engrènement même de la roue avec laquelle elle doit marcher.

Dans un ordre d'idées un peu différent, nous trouverons une assez grande variété de procédés pour effectuer certains travaux sur des pièces dont le poids et l'encombrement sont un obstacle à leur déplacement; nous signalerons en particulier le développement considérable qu'ont pris depuis 1889 les appareils frappeurs et les machines à percer à l'air comprimé, qui représentaient en 1900 un des côtés brillants de l'Exposition des machines-outils.

ORGANES PRINCIPAUX DES MACHINES-OUTILS.

Avant d'aborder dans le détail l'étude des différents groupes de machines, nous dirons quelques mots des caractères généraux que l'on rencontre sur la plupart d'entre eux.

Dans toute machine il y a lieu tout d'abord de distinguer la commande du mouvement, puis sa transmission soit à l'outil, soit à la pièce; on arrive ainsi finalement à un arbre, qui, animé d'un mouvement de rotation, supporte l'outil ou la pièce, et à un chariot, qui, animé d'un mouvement de translation, porte la pièce ou l'outil.

Transmission de la force aux machines-outils. — Le moyen le plus généralement employé pour transmettre la force aux machines-outils consiste à se servir de transmissions fixes, sur lesquelles on prend la commande à l'aide de courroies; toutefois, depuis 1889, l'emploi des électro-moteurs pour la commande directe des machines-outils s'est considérablement développé.

Suivant qu'on adopte l'un ou l'autre mode de commande, l'organisation de la machine est un peu différente. La généralité des outils exige en effet des variations de vitesse entre des limites déterminées; dans le cas de la transmission par courroie, la commande est reçue le plus souvent d'un arbre, par l'intermédiaire d'un renvoi muni d'un cône à plusieurs étages conjugué avec un cône porté par la machine; lorsque les deux cônes conjugués ne donnent pas une quantité suffisante de variations de vitesse et que l'effort à transmettre est grand, on ajoute des roues conjuguées ou harnais d'engrenages; d'autre part, lorsque le nombre des vitesses à admettre est moins considérable, la commande peut être reçue directement de la transmission sur un arbre intermédiaire de la machine. En tout cas, la machine est organisée pour une vitesse de l'arbre de transmission de 200 tours environ à la minute, de plus il existe une certaine distance entre la transmission et le renvoi, qui facilite l'emploi des courroies.

Dans le cas où on fait usage d'électro-moteurs, il paraît tout d'abord avantageux, pour utiliser tous les avantages du procédé, d'incorporer le moteur à la machine, mais alors l'arbre de la dynamo, qui représente ici le renvoi de la machine, tourne à une vitesse de 900 à 1500 tours à la minute, et c'est cette vitesse qu'il faut transmettre à des axes voisins dans les mêmes limites que dans le cas précédent. D'ailleurs, quelle que soit la nature du courant, alternatif ou continu, on ne saurait admettre qu'une vitesse constante pour le moteur, car les variations des moteurs à vitesse variable ne peuvent être assurées qu'avec une grande consommation d'énergie électrique.

Quoi qu'il en soit, nous voyons qu'il devient nécessaire d'intercaler, entre le harnais et le mécanisme de variation des vitesses, un organe de réduction, qui est constitué soit par un système de roue et vis sans fin, soit par des roues hélicoïdales.

Quant à la transmission à vitesse variable de la force du moteur, elle peut avoir lieu par galet et disque de friction, par disques système Sellers, par engrenages, quelquefois même directement en montant la vis sans fin de réduction sur l'arbre du moteur, ou enfin par cônes et courroies. C'est à ce dernier procédé qu'a recours la Société alsacienne de constructions mécaniques, qui trouve le système de poulies ou cônes actionnés par courroies le plus sûr et le plus économique, mais elle emploie la courroie à section trapézoïdale ou à coin, qui présente, comme avantages, une diminution de la largeur des poulies et des cônes et par conséquent du porte-à-faux, et une diminution des résistances passives, ou réciproquement une augmentation du rendement. Dans l'organisation des machines commandées directement par électro-moteur, nous aurons donc, au lieu du renvoi à étages, un électro-moteur, deux cônes à plusieurs vitesses avec courroies à coin et une paire d'engrenages de réduction à denture hélicoïdale (Société Alsacienne), ou un système de vis sans fin et roue à denture hélicoïdale (Ducommun). Lorsque le potentiel n'excède pas 120 volts, il n'est d'ailleurs pas nécessaire d'isoler le moteur du reste de la machine; l'isolement absolu est toutefois possible par le moyen d'un manchon d'accouplement à lanière de cuir, ou, lorsque la commande a lieu par engrenages, par l'usage du cuir vert pour le pignon calé sur l'arbre de l'électro-moteur, ou encore par l'emploi des courroies de transmission.

Un certain nombre de constructeurs avaient disposé les machines qu'ils exposaient les unes pour la commande par courroie, les autres pour la commande par électro-moteur, bien moins dans le but, il est vrai, de montrer la supériorité d'un système sur

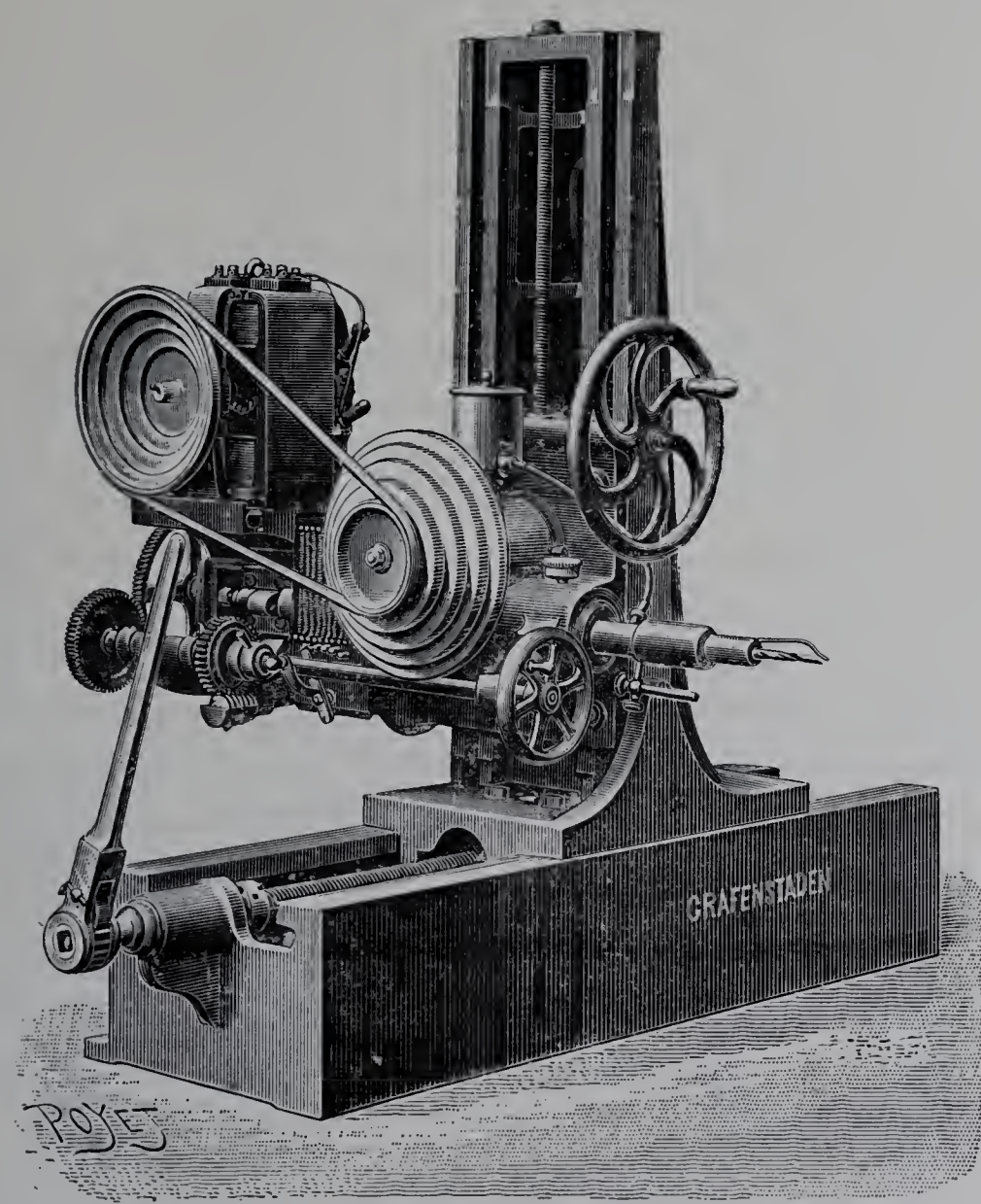


Fig. *a*. — Machine à percer horizontale à commande électrique (Société Alsacienne).

l'autre, que de faire voir la possibilité de fournir au gré du client l'un ou l'autre des deux systèmes.

L'adaptation des électro-moteurs à la commande des machines-outils est évidemment une simplification dans l'organisation générale des ateliers : l'usine se trouve ainsi dégagée de la masse énorme d'arbres de transmission, de poulies et de courroies qui l'encombrent et qui peuvent devenir une cause d'accidents de toutes sortes; la machine-outil, de son côté, devient plus mobile et se prête aux déplacements et aux installations rapides; enfin, on évite, pendant les chômages de la machine, la perte de force résultant de la mise en mouvement des transmissions. La machine commandée par dynamo ne consomme en effet que quand elle travaille, et, si on admet que la perte de force par les transmissions est à peu près égale à la déperdition des moteurs électriques, on arrive à économiser tout au moins la force dépensée en pure perte, quand la machine

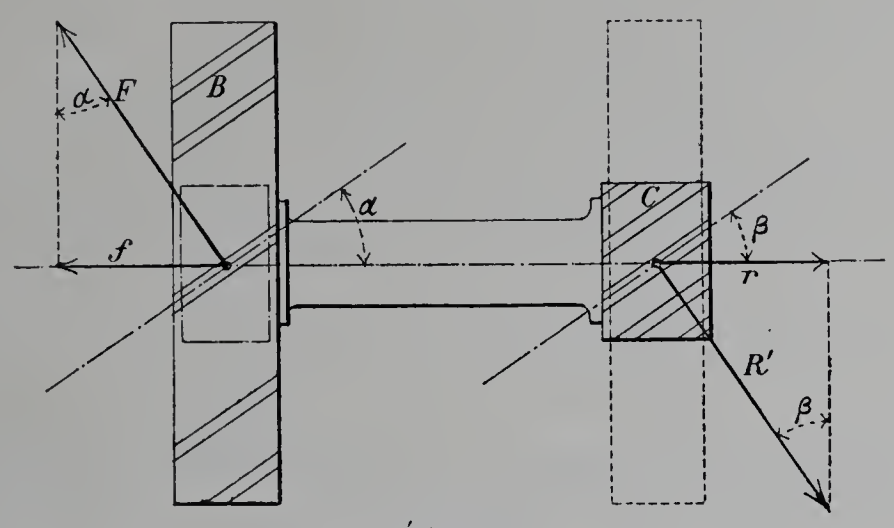
ne travaille pas, en même temps qu'on évite une usure inutile des organes de transmission.

La commande directe par moteur électrique est donc d'un secours inappréciable, lorsqu'il s'agit de commander de puissantes machines qui, pour la manutention des pièces, ne travaillent forcément pas d'une façon continue; de plus, dans le travail des pièces de grandes dimensions qui exigent l'emploi de machines de nature différente, il devient facile de les grouper à l'endroit convenable en vue d'éviter des déplacements de pièces longs, coûteux et parfois dangereux.

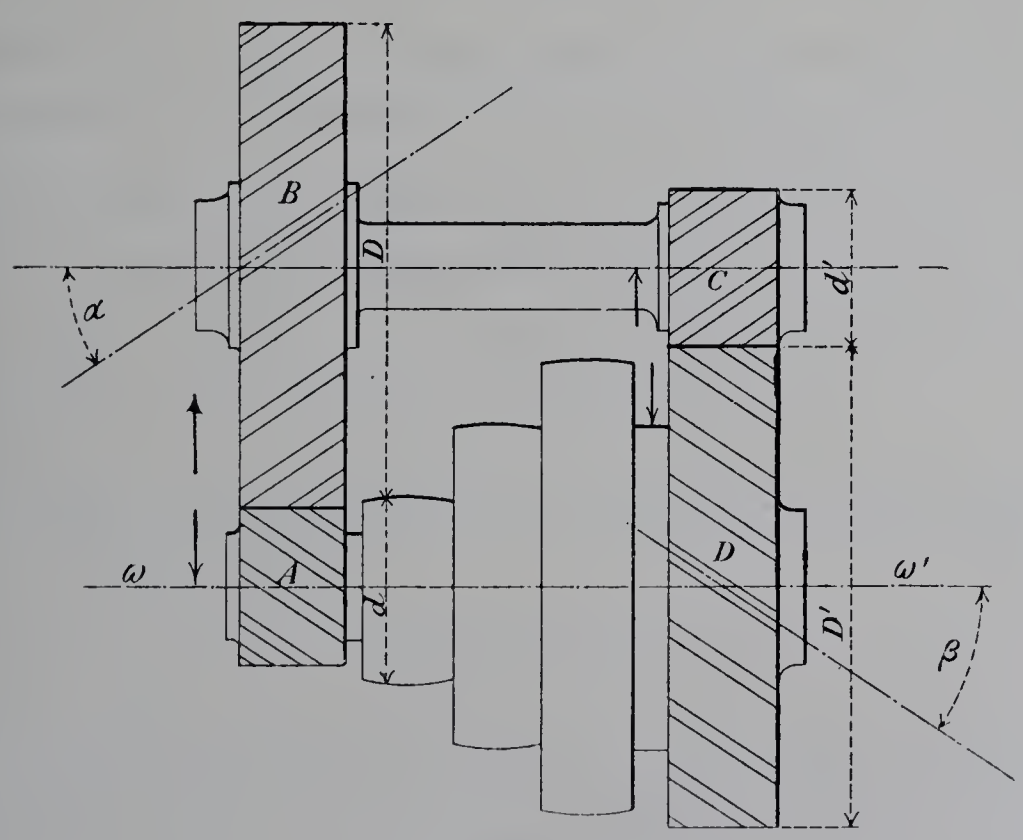
En est-il de même lorsqu'il s'agit de petites machines-outils qui, disposées et installées pour la fabrication en grande série d'objets de dimensions plus petites, telles que les pièces de matériel d'artillerie, de fusils, de machines à coudre, de bicyclettes, etc, restent en place pendant toute la durée de l'exécution de la commande, c'est-à-dire pendant des mois et des années. Les machines de cette nature sont appareillées pour la division extrême du travail; elles concourent par groupes de trente ou quarante à la confection de pièces souvent peu volumineuses qui passent successivement sur chacune d'elles, elles sont desservies en séries de deux, trois ou quatre, suivant la durée de la passe, par un même ouvrier, dont le rôle se borne à fixer la pièce sur l'appareil et à embrayer la marche automatique. Tout l'ensemble est organisé pour un travail continu, et on ne conçoit pas qu'une des machines d'un groupe puisse chômer à l'exclusion de celles qui la suivent; si le travail fait défaut, ou si un accident se produit, tout le groupe sera arrêté. Il semble donc que, dans le cas qui nous occupe, il serait préférable d'actionner par un moteur électrique une transmission intermédiaire qui, par poulie et courroie, distribuerait ensuite la force à chaque machine du groupe; on aurait ainsi une plus grande force utilisée sur le moteur, et par conséquent un meilleur rendement.

D'ailleurs, nous avons pu constater, par des expériences répétées à différentes époques sur un groupe de 800 machines-outils utilisées à la fabrication des armes, qu'il faut compter en moyenne sur une longueur de 1 m. 20 de transmission par machine mise en ligne, et que la force moyenne absorbée par machine-outil est de 0 ch. 123, quand la courroie est sur la poulie folle de la machine, et de 0 ch. 325, quand la machine travaille; le rendement serait donc dans la période active de 62 p. 100; il est aujourd'hui, croyons-nous, difficile de trouver pour des forces aussi faibles des moteurs électriques donnant un meilleur rendement. De plus, le moteur électrique est une machine relativement coûteuse, dont le prix de revient est une fraction très importante de celui d'une petite machine-outil. Enfin, ainsi que nous l'avons vu, les moteurs électriques sont animés de vitesses qui varient de 900 à 1,500 tours à la minute, suivant les constructeurs; or, les machines-outils, autres que celles destinées au travail des bois, sont construites pour de plus faibles vitesses et nécessitent par conséquent un organe de réduction de vitesse; en outre, la généralité des outils exige des variations de vitesse que les moteurs électriques à vitesse constante ne peuvent donner qu'avec une certaine complication d'organes additionnels, et que les moteurs à vitesse variable ne peuvent donner qu'avec une grande consommation d'énergie électrique.

Pour toutes ces raisons, il nous semble que, dans l'état actuel de la question, la commande des machines-outils par dynamo est un progrès, lorsqu'il s'agit de puissantes



Élévation.



Plan.

Fig. *b*.

machines, sujettes à des chômages, ou même de machines moins fortes, mais susceptibles d'être déplacées fréquemment et groupées en vue de la diminution des transports, mais que son emploi est discutable, lorsqu'elle s'applique à des petites machines-outils, et surtout à des travaux en série; dans ce cas, si on veut conserver les avantages de la commande électrique, il nous semble plus économique à tous égards de s'arrêter à la commande par groupe de machines.

Harnais d'engrenages. — Nous avons vu que dans la commande des machines-outils on employait souvent un harnais à double engrenage comme intermédiaire de la

transmission du mouvement à l'arbre principal de la machine. Dans la construction française et belge, ces engrenages sont le plus souvent à denture hélicoïdale dans le but de donner un meilleur roulement et un engrènement plus continu; la presque généralité des constructeurs disposent les deux roues d'un même arbre avec dents à hélices opposées; mais, dans ce cas, une des roues étant menante et l'autre menée, les deux efforts s'ajoutent, et il paraît préférable, pour contrebalancer la poussée d'une des roues par l'autre, de faire les deux hélices dans le même sens, comme l'a adopté M. Monneret, en particulier dans la machine à tailler les pignons d'angle qu'exposait la maison Ernault.

Considérons en effet un harnais à double engrenage (fig. *b*), A mène B et C mène D.

B, qui est une roue menée, supporte perpendiculairement à sa denture et dans le sens indiqué par la rotation l'effort tangentiel F donnant lieu suivant l'axe à la composante $f = F \sin \alpha$.

D'autre part, C qui est une roue menante supporte une réaction R′ égale et de sens contraire à l'effort tangentiel F′; cette réaction donne lieu suivant l'axe à une composante $r = R' \sin \beta = F' \sin \beta$.

On voit tout d'abord que pour que ces deux composantes se retranchent il faut que les dentures des deux roues sur le même arbre soient de même sens.

Pour que de plus elles s'annulent, il faut $f = r$

$$\text{c'est-à-dire } F \sin \alpha = F' \sin \beta.$$

Or les efforts tangentiels F et F′ sont dans le rapport inverse des vitesses des roues A et D $\frac{F}{F'} = \frac{\omega' D'}{\omega d}$

$$\text{d'où } \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\omega d}{\omega' D'}.$$

Généralement, les pignons A et C sont égaux, ainsi que les roues B et D; la formule se réduit alors à $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{D}{d}$, c'est-à-dire que les dentures des deux roues sur le même arbre doivent être de même sens et leur inclinaison doit être telle que le rapport des sinus de leur inclinaison sur l'axe soit dans le même rapport que leurs diamètres.

Dans la construction américaine, anglaise et allemande, la denture est généralement droite; il est, en effet, possible d'obtenir des engrenages silencieux, maintenant que la perfection de l'outillage et des machines permettent de fabriquer des engrenages droits, corrects et sans jeu.

Arbres principaux des machines. — Les arbres principaux qui portent la pièce ou l'outil doivent être ajustés sans jeu dans leurs portées, avoir une position fixe par rap-

port aux chariots, ne pas être sujets à l'usure et, dans tous les cas, pouvoir rattraper les jeux qui se produisent, en reprenant exactement leur position.

On peut à cet effet adopter de larges portées cylindriques et prendre, par le choix des matières, toutes les dispositions pour retarder l'usure, ou bien adopter des portées coniques et les renfermer dans des coquilles de même forme.

Ce deuxième procédé qui permet de rattraper la totalité du jeu sans déplacer l'axe, lorsque, en raison du mouvement de rotation, l'usure s'est produite d'une façon régulière sur tout le pourtour de l'arbre, paraissait généralement en faveur en 1889. Il présente toutefois l'inconvénient d'être d'une construction plus difficile que le premier, en raison de la succession des surfaces cylindriques et coniques qui doivent avoir même axe, et surtout, il ne permet pas d'utiliser des portées aussi larges que dans le premier cas, par suite de la différence des diamètres à admettre aux deux extrémités du cône; pour obvier à cet inconvénient, nous constatons aujourd'hui une tendance aux portées cylindriques dans les tours, les machines à percer, les machines à meule d'émeri, les machines à bois et même dans les machines à fraiser de quelque puissance. L'usure est généralement reportée sur le coussinet, qu'on fait en bronze, ou mieux en métal antifriction comprimé et gratté. Les constructeurs cherchent d'ailleurs, dans ce dernier cas, à corriger les jeux qui peuvent se produire concentriquement à l'axe par le déplacement de la fourrure, qu'on fait conique extérieurement et qu'on fend, mais il ne faudrait pas, ainsi que nous le verrons plus loin, trop espérer de ce procédé qui, lorsqu'il s'applique à des jeux un peu considérables, présente l'inconvénient de ne pas mouler la fourrure concentriquement à l'axe et de faire porter l'arbre sur des arêtes et non sur le pourtour de la surface du coussinet. Nous trouverons toutefois, lorsque nous nous occuperons des machines à fraiser, une tentative de serrage concentrique des coussinets cylindriques par la Maschinenfabrik Pekrun.

Quant aux jeux longitudinaux suivant l'axe, ils sont empêchés par des appuis, qu'il est d'autant plus facile de faire concentriques à l'axe qu'on les fera normaux; aussi verrons-nous à peu près complètement disparaître les appuis coniques ou courbes, qui sont d'une construction difficile et ont en outre l'inconvénient d'influer sur la direction de l'arbre. Dans tous les cas, on cherche à les faire aussi rapprochés que possible, de façon à laisser les arbres libres de se dilater dans le sens où l'accroissement de longueur a le moins d'importance.

Conduite des chariots. — Dans les premières machines-outils, la commande des chariots avait lieu surtout à l'aide d'un pignon engrenant avec une crémaillère disposée sous le chariot; cette disposition, qui a l'avantage de faciliter le retour rapide à la main, présente l'inconvénient de tendre au soulèvement du chariot ou à la flexion du pignon, déterminant un léger retour de la pièce en arrière; de plus, la commande étant réversible, le défaut peut encore être aggravé, dans les machines à fraiser, au moment de l'arrêt, par l'engrènement même de la fraise avec la pièce, lorsque le sens de la rotation de l'outil s'y prête. Le mouvement par vis et écrou est généralement pré-

féré; nous verrons toutefois que dans les tours on a généralement conservé pour le chariotage la commande par pignon et crémaillère, car, dans ce cas, l'effet de recul n'a pas grand inconvénient; dans les machines à raboter, on a souvent maintenu la même disposition, mais on a généralement augmenté le diamètre du pignon, de façon à diminuer le glissement élémentaire et par conséquent la tendance au soulèvement; dans les machines à fraiser, où l'inconvénient du recul est le plus grave, on a généralement adopté la commande par vis et écrou; cependant nous verrons dans certaines machines Brown et Sharpe un retour au systeme par crémaillère, mais dans des conditions particulières, qui permettent d'en diminuer les inconvénients tout en en conservant les avantages.

Nous allons maintenant passer successivement en revue les machines à travailler les métaux, les machines à travailler les bois et les machines à travailler les matières diverses.

PREMIÈRE PARTIE.

MACHINES À TRAVAILLER LES MÉTAUX.

Les machines à travailler les métaux qui ont été examinées par le Jury de la Classe 22 comprennent les catégories suivantes :

Tours, machines à percer, à aléser, à tarauder, à raboter, à mortaiser, à fraiser, à scier les métaux, meules et machines à meuler, presses, marteaux-pilons et machines à travailler les tôles.

Nous suivrons cette division dans l'étude que nous allons entreprendre; mais nous avons cru devoir réunir dans des chapitres spéciaux les machines à tailler les engrenages divers, quel que soit le procédé employé, les machines-outils portatives et enfin le matériel d'ajustage, de traçage, de mesures de vérification et d'essais de matières.

CHAPITRE PREMIER.

TOURS.

Origine du tour. — I. Tours horizontaux. – Dispositions générales : banc; poupée fixe; contre-poupée; chariot; tournage des pièces coniques. – Accessoires de tours : outils de centrage; appareils à rectifier sur place les pointes de tour; plateaux et mandrins; lunettes; supports d'outils; appareils de fraisage. – Outils de tour. – Tours divers : tours en l'air; tours à plusieurs outils; tours à plusieurs pointes; tours à roues montées sur essieu; tours à essieux coudés de locomotives; machine à façonner les tubulures, système Pearn; tour à donner la dépouille aux fraises; machine à trouçonner les barres (Pratt et Whitney). — II. Tours verticaux. – Considérations générales; plateau; poupée; porte-outils. — III. Tours horizontaux à outils multiples. – Développement des tours à outils multiples. – Machines à décolleter et tours à revolver à axe vertical : dispositions générales; filetage et taraudage; outils et porte-outils; serrage et desserrage des pièces; avance automatique de la barre. – Tours à revolver à axe horizontal. – Tour à revolver à tourelle plate, système Hartness. – Tours divers pour le décolletage des pièces de grande longueur et de grand diamètre. – Tours à revolver pour percer, aléser, dresser. – Tours à revolver pour aléser, charioter, surfacer et fileter. — IV. Tours horizontaux automatiques à outils multiples. – Considérations générales. – 1° Tours automatiques à chariots transversaux sans revolver; applications; 2° Tours automatiques à revolver «Brown et Sharpe»; machine automatique à fileter; 3° Tours automatiques à tambour, type Hartford; tours automatiques de la Wolseley S. S. M. C°. – Machines spéciales; machine à façonner les bouts des galets de roulement des machines agricoles.

ORIGINE DU TOUR.

Le tour, envisagé sous sa forme la plus simple et considéré comme auxiliaire de l'art du charpentier, du marbrier et du potier, a été connu dès la plus haute antiquité. C'est

IMPRIMERIE NATIONALE.

ce qu'attestent certains passages de Vitruve et ce distique de Virgile (*Géorgiques*, livre II) :

> Nec tiliæ leves, aut torno rasile buxum;
> Non formam accipiunt, ferroque cavantur acuto.

Quant aux tours à guillocher, graver et sculpter, qui furent en si grande faveur aux XVIIe et XVIIIe siècles, mais dont l'emploi resta limité au travail de l'ivoire, du buis, etc., ils ne paraissent pas remonter au delà du XVe siècle.

Il faut rechercher l'origine du travail du fer par des procédés mécaniques d'abord dans les ateliers d'horlogerie du XVIIIe siècle, ensuite dans les premières tentatives que l'on fit pour exécuter les cylindres des machines employées à l'épuisement des mines et surtout pour construire les machines à vapeur destinées à servir de moteur universel; c'est à Soho, dans les ateliers fondés par Watt et Boulton, qu'on trouve dans la deuxième moitié du XVIIIe siècle les types primitifs des grandes machines-outils et en particulier des machines à tourner le fer et la fonte. Le chariot, ce puissant agent de progrès et de perfectionnement mécanique, remonte à 1793; le mérite de l'invention revient à Samuel Bentham, qui appliqua aux travaux de tour le support glissant, et à Bramah, qui inventa l'appareil ingénieux permettant de donner à l'outil la position et le degré d'avancement convenables par rapport à l'objet à travailler. Bientôt après, les ateliers anglais, spécialement consacrés à la construction des grandes machines en fer et en fonte, reçurent une vive impulsion; de 1820 à 1830, ils se peuplèrent de machines-outils propres à travailler les métaux et, parmi celles-ci, de tours dans lesquels le porte-outil était actionné à la manivelle ou automatiquement, de tours à fileter les pas de vis, etc. Vers 1840, Whitworth apporta à la construction de ces derniers d'ingénieux perfectionnements et parvint à assurer le caractère automatique au chariot porte-outil[1].

En France, le besoin des machines-outils à travailler le fer et la fonte s'est fait plus tardivement sentir; ce n'est guère avant 1844 que nos mécaniciens ont apporté un peu de suite et de méthode à cette branche importante de l'industrie et ont été en mesure de doter avec profusion les ateliers des chemins de fer et de la marine de machines puissantes.

Quelle qu'ait été à l'origine la rapidité du développement des machines-outils chez les différents peuples, les tours divers, tours à charioter et à fileter, tours à banc rompu, tours en l'air et, comme variété, les tours à décolleter, ont reçu dans la deuxième moitié du XIXe siècle d'importantes modifications de détail qui ont permis d'en augmenter la puissance et la précision et dont les expositions précédentes ont marqué les étapes. Aujourd'hui, nous constaterons la tendance générale à spécialiser le tour en vue des seules opérations de tournage et à en faciliter la conduite et la marche de façon à éviter, autant que possible, l'emploi d'un ouvrier de capacités toutes spéciales. Nous signalerons encore la substitution presque générale du tour à axe vertical au tour à banc rompu,

[1] Poncelet, *Machines et outils propres aux manufactures.*

pour le travail des pièces pesantes et de grand diamètre, et le développement de l'usage des tours à plusieurs outils, semi-automatiques ou complètement automatiques, pour le travail en série de pièces à décolleter dans la barre ou le façonnage de pièces forgées.

Nous allons passer successivement en revue : les tours horizontaux, les tours verticaux et les tours à outils multiples (machines à décolleter, tour à revolver, machines à faire les vis, tours automatiques).

I. TOURS HORIZONTAUX.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Un tour horizontal comprend essentiellement un banc, supportant, d'une part, une poupée fixe, dont l'arbre reçoit un mouvement de rotation et le communique à la pièce à travailler, et une contre-poupée; d'autre part, un chariot porte-outil, qui peut recevoir un mouvement de translation parallèle, perpendiculaire ou oblique à l'axe des poupées.

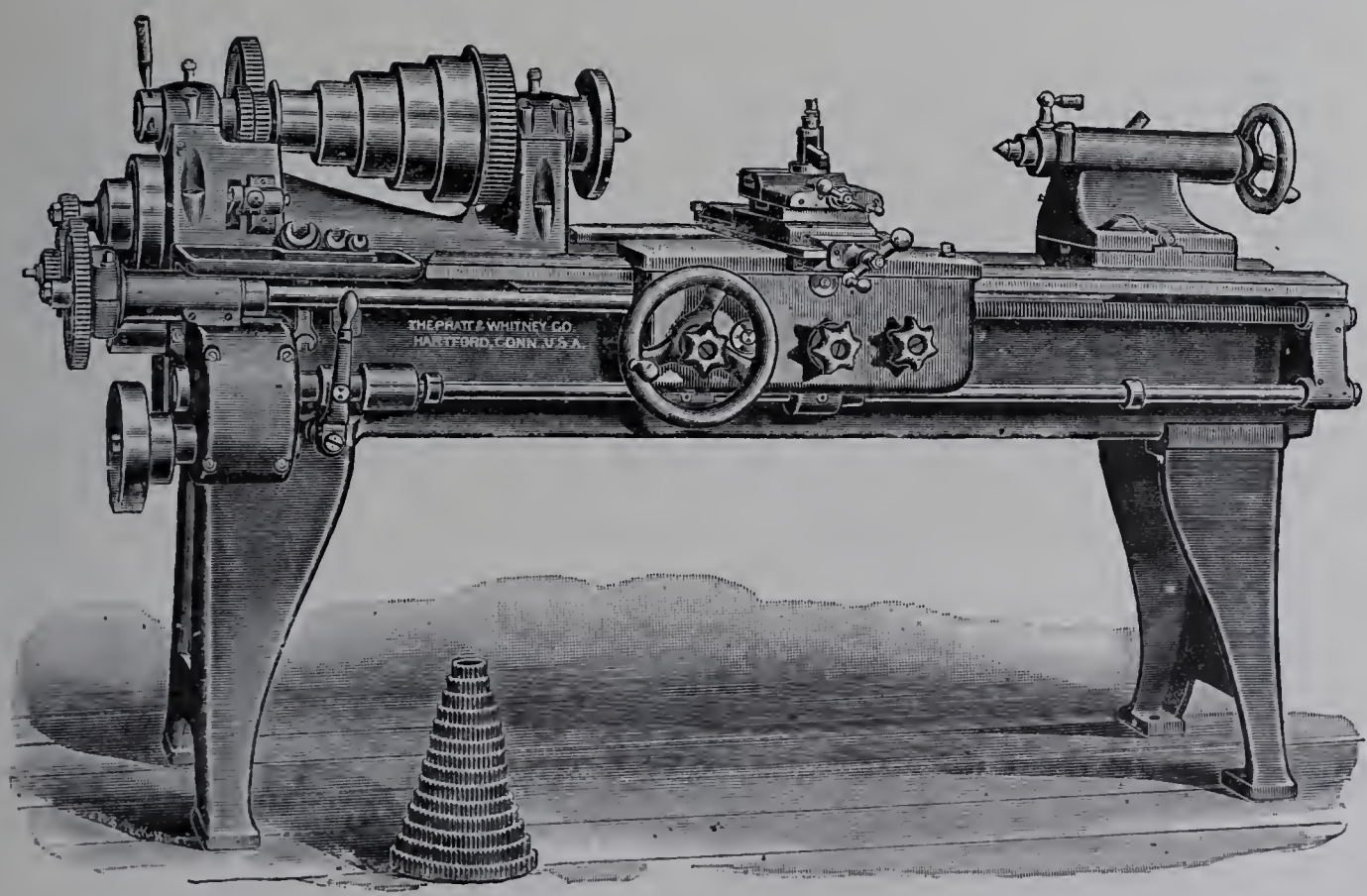


Fig. 1. — Tour à charioter et à fileter modèle 1900 de 175 millimètres de hauteur de pointes (Pratt et Whitney).

De la combinaison du mouvement rotatif de la pièce et rectiligne de l'outil, il résulte un mouvement relatif hélicoïdal qu'on utilise pour le tracé des pas de vis.

Banc. — Les bancs des tours européens ont le plus souvent une table plane, avec

bords en queue d'aronde pour l'agrafement du chariot inférieur et une fente médiane dans laquelle les deux poupées s'ajustent au moyen de nervures; c'est la disposition que nous trouvons dans les tours Ernault, Huré, Bouhey, Ducommun, Schultz, Deutsche Werkzeugmaschinen Fabrik; la fabrique de machines-outils « Union » fait les glissières du chariot en forme de rainures à angle droit disposées sur les côtés du banc et par conséquent recouvertes.

En Amérique, les bancs portent rarement des glissières en forme de queue d'aronde; dans les gros tours (Pond Machine Tool Company) [fig. 2], le chariot et la contre-pointe glissent sur le dessus du banc qui est dressé plan; les bords extérieurs BB, dressés

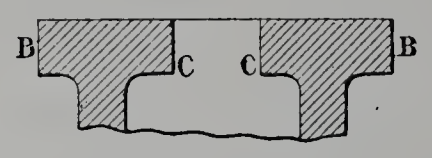


Fig. 2.

verticalement, assurent la direction du chariot, tandis que ceux intérieurs CC assurent celle de la contre-pointe; dans les tours de petites et de moyennes dimensions, les bancs sont surmontés de glissières en forme de V renversés, qui supportent les poupées et le chariot.

Les Américains n'ont pas été les seuls à préconiser les glissières à V, car, dès 1863, M. Colmant les adopta pour les tours de précision auxquels il donna son nom, et son exemple fut suivi de bonne heure par d'excellents constructeurs français, tels que les Ateliers de l'artillerie de Puteaux et MM. Bariquand et Cie à Paris. Les deux systèmes ont leurs partisans et leurs adversaires : il nous semble toutefois que le système à V est susceptible de donner plus de précision que celui à queue d'aronde.

Supposons en effet (fig. 3) un arbre brut A fortement excentré à mettre au rond sur un tour avec banc à queue d'aronde. Le chariot, pour se mouvoir sur le banc, dispose

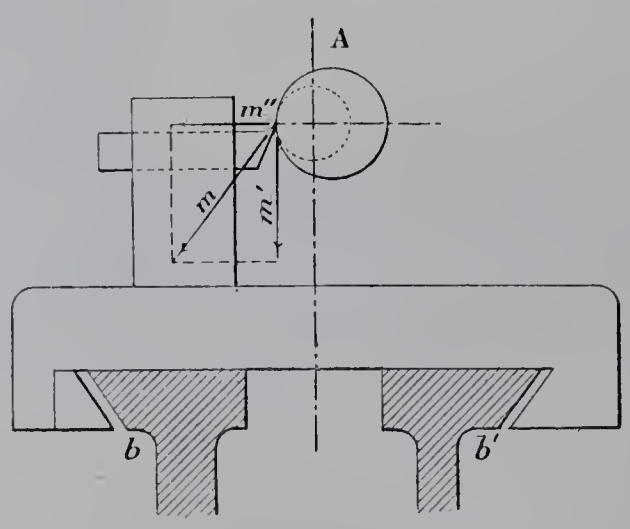


Fig. 3.

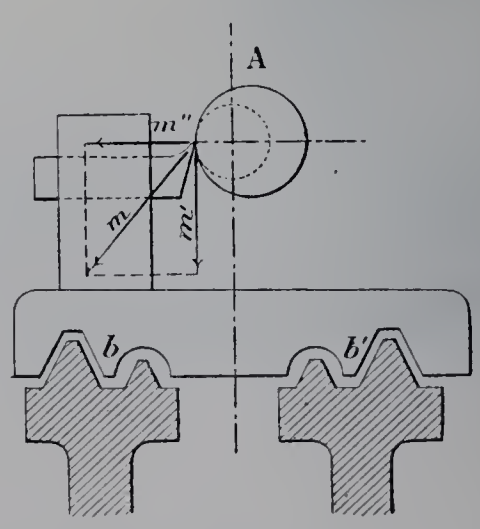


Fig. 4.

forcément d'un certain jeu; lorsque l'outil affleurera la pièce, ce jeu se trouvera également réparti sur les deux glissières en b et en b'; mais, dès que l'outil travaillera, il recevra de

la pièce une réaction m dont la composante verticale m' n'a d'autre effet que d'appuyer le chariot sur le banc, mais dont la composante horizontale m'' repousse l'outil, suivant un rayon de la pièce , d'une quantité d'autant plus forte que l'épaisseur de métal à enlever est plus grande, jusqu'à concurrence du jeu en b' : l'outil ne produira donc pas une pièce cylindrique. Si l'on considère en outre que l'épaisseur de la matière peut être variable sur toute la longueur de l'arbre et que le plus grand diamètre peut se trouver sur des génératrices différentes, on en conclut que la pièce une fois finie sera loin d'être cylindrique.

Si nous examinons maintenant (fig. 4) ce qui se passera dans les mêmes conditions sur un tour à banc à V, nous voyons que le seul effet de la réaction m sera d'appuyer le chariot sur le banc sous l'action de la composante verticale m' et que, s'il y a un léger jeu en b et en b' entre le chariot et le banc, il en résultera, tangentiellement à la pièce, un léger abaissement de l'outil qui n'aura pas d'effet appréciable sur le diamètre.

On sait, d'autre part, que les bancs de tour s'usent davantage du côté de la poupée qu'à l'opposé, il s'ensuit que le jeu sera augmenté et le mal aggravé avec le banc à queue d'aronde, alors que la même usure n'aura pas d'inconvénient grave avec le banc à V.

Le plus souvent, les bancs sont surmontés de 4 V, les deux extrêmes pour supporter le chariot, les deux intérieurs pour recevoir les poupées; cette disposition qui est adoptée sur les tours Reed, Flater Planer, Prentice Brothers Company et les tours Pratt et Whitney des modèles les plus anciens, se rencontre également sur les tours Reinecker, Vautier. Toutefois, il y a lieu de remarquer (fig. 4) que les dégagements pratiqués dans le chariot pour le passage des V de la contre-pointe coupent le pont du chariot et l'affaiblissent; de plus, les 4 V représentent 8 faces planes qu'il est difficile d'établir rigoureusement parallèles à la ligne des pointes. Pour ces raisons, certains constructeurs (Grant Machine Tool Company) suppriment les V de la contre-pointe, qui d'ailleurs n'ont pas la raison d'être de ceux du chariot, et font glisser la poupée dans une rainure médiane; d'autres remplacent le V d'avant de la contre-poupée par une face plane parallèle au dessus du banc (tour nouveau modèle Pratt et Whitney, Hendey, Bradford Mill Company, Demoor); d'autres enfin (fig. 5) remplacent en outre le V d'arrière du chariot par une face plane également parallèle au-dessus du banc et, par conséquent, guident et

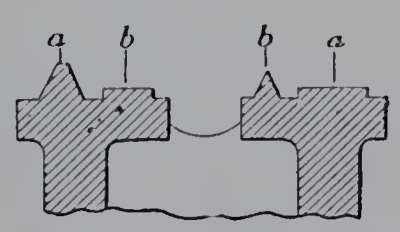


Fig. 5. — *a a* glissières du chariot; *b b* glissières de la contre-poupée.

supportent le chariot et la poupée, chacun par le système d'un V et d'un plan (tour modèle 1900 et tour d'outilleur Pratt et Whitney); c'est cette dernière disposition qui est également adoptée par MM. Bariquand et Marre.

Nous citerons encore les tours de la Dresdner Bohrmaschinen Fabrik, dans lesquels le chariot est monté sur le côté du banc et coulisse dans des glissières en queue d'aronde; les poupées sont montées sur un V et un plan. Le banc se trouve ainsi dégagé, et le support de chariot peut passer devant la poupée mobile; on peut tourner de plus grands diamètres qu'avec les tours ordinaires, mais l'appui de l'outil semble moins bien assuré.

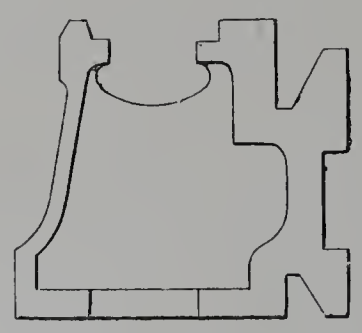


Fig. 6. — Coupe du banc de tour de la Dresdner-Bohrmaschinen-Fabrik.

Un assez grand nombre de tours étaient munis de bancs à entailles permettant le tournage de pièces montées en l'air, de rayon supérieur à la hauteur des pointes; dans plusieurs d'entre eux, le banc, sur lequel étaient montés le chariot et la contre-poupée, pouvait coulisser et être poussé à fond, de manière à constituer un tour ordinaire, et permettre d'approcher le plateau du chariot (Pratt et Whitney, Schultz, Bariquand, Vautier, Sculfort et Fockedey); en général, le banc mobile est déplacé sur le bâti à l'aide d'une manivelle ou d'un levier à rochet actionnant un pignon qui engrène avec une crémaillère fixée au bâti; une fois réglé, il est bloqué en place au moyen de boulons.

Poupée fixe. — Le bâti de poupée fixe affecte en général une forme renforcée qui, tout en permettant le passage du cône de commande de l'arbre principal, a l'avantage d'assurer l'arcboutement des supports de tourillons. Le plus souvent, la poupée possède un harnais de commande à double engrenage, à dents droites ou hélicoïdales. Le contre-arbre est ordinairement du côté opposé à l'ouvrier; quelques constructeurs le placent sous l'arbre principal et l'encastrent dans le bâti de la poupée (machines-outils Union, Huré); les tours puissants ont un triple harnais d'engrenages, dont la dernière roue est adaptée au plateau du tour et constituée parfois par une couronne dentée intérieurement.

M. Hendey, la Deustche Werkzeugmaschinen-Fabrik, la Fabrique de machines-outils Union donnent une forme conique aux deux tourillons de l'arbre; M. Hendey dispose ces cônes dans le même sens, la grande base du côté de l'outil, et les fait tourner dans des coussinets en bronze phosphoreux munis d'un système de graissage à bague; les appuis ont lieu aux deux extrémités; dans les tours de l'Union, les deux cônes sont en sens inverse, les petites bases se faisant face, et l'arbre est buté par son extrémité.

MM. Bariquand et Marre et M. Reinecker font conique le tourillon voisin du nez et l'emboîtent dans une coquille d'une seule pièce, en acier trempé ou en bronze; le deuxième tourillon est cylindrique et engagé dans une coquille en bronze fendue et conique extérieurement pour le rattrapage des jeux; dans les tours Bariquand, l'arbre est épaulé

de part et d'autre du coussinet voisin du nez; dans les tours Reinecker, il est buté en bout sur une bague trempée et rectifiée, montée sur billes.

La disposition la plus fréquemment employée consiste à donner aux arbres de longues portées cylindriques trempées qu'on fait tourner soit dans des demi-coussinets en bronze dur, soit dans des coussinets de même métal fendus et coniques extérieurement, soit encore, comme dans le tour du plus fort modèle de MM. Bariquand et Marre, dans des coussinets en fonte fendus et coniques extérieurement pour le rattrapage des jeux. MM. Pratt et Whitney et M. Reed font en acier dur non trempé la broche, dont ils rectifient les portées à la meule, et les coussinets en deux pièces garnis d'antifriction; il nous paraît intéressant de signaler la façon dont ils confectionnent ces coussinets : dans chaque

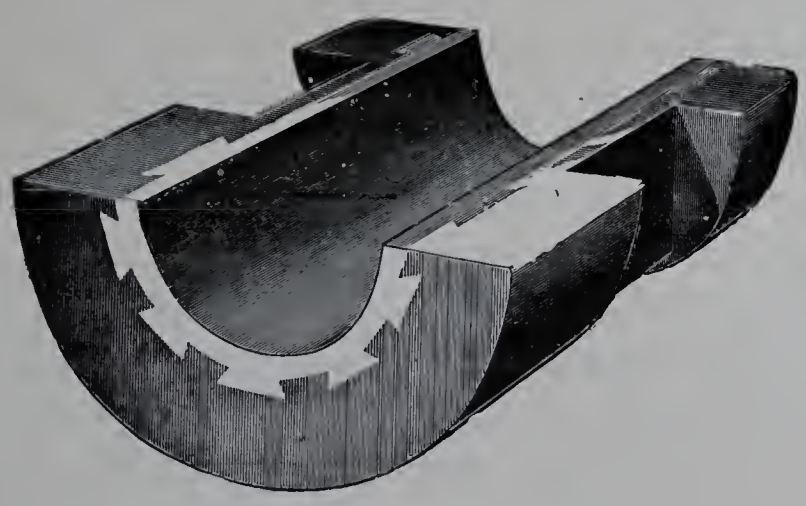


Fig. 7. — Demi-coussinet Reed.

demi-coussinet, des rainures sont fraisées ou percées pour recevoir et retenir l'antifriction; après que le métal a été coulé, on le martèle, pour le forcer à remplir les rainures, puis les deux coussinets réunis sont alésés, martelés de nouveau pour éliminer les moindres soufflures, alésés et enfin ajustés au grattoir sur la broche.

En ce qui concerne les appuis, MM. Bariquand et Marre épaulent l'arbre des deux côtés du coussinet voisin du nez et le laissent libre de se dilater du côté opposé; MM. Pratt et Whitney l'épaulent des deux côtés de l'autre coussinet en le laissant libre de se dilater du côté du nez; d'autres enfin appuient l'arbre en bout sur une rondelle en fibre comprimée (Ernault, Reed) ou en acier trempé et épaulent l'un des deux tourillons d'un côté et quelquefois même de part et d'autre du coussinet.

Dans un certain nombre de tours, les arbres sont creux pour permettre l'introduction de barres d'alésage; souvent la butée du bout est elle-même percée.

En général, l'arbre est placé dans le plan vertical qui passe par l'axe du banc; cependant, dans un tour Bariquand, il est excentré du côté opposé à l'outil; cette disposition, qu'on rencontre également dans un tour de la Maubeugeoise, diminue l'encombrement du tablier du côté de l'ouvrier et ramène la résultante des réactions de la pièce sur l'outil vers le plan vertical médian.

Contre-poupée. — La contre-poupée est souvent évidée sur le devant de façon à

permettre un emploi plus facile et plus étendu du support d'outil (Reed, Pratt et Whitney, Hendey, Flater Planer). Elle est généralement montée sur le banc par l'intermédiaire d'une semelle sur laquelle elle peut coulisser transversalement, de façon à donner la possibilité de mettre la contre-pointe dans le prolongement de l'arbre du tour; quelquefois, sa direction peut être réglée par la manœuvre de quatre boulons (Bouhey). La semelle se fixe le plus souvent au banc à l'aide d'une bride serrée au moyen d'un ou de deux boulons ou à l'aide d'une manivelle à excentrique (Pratt et Whitney).

Dans les gros tours (Pond Machine Tool), le déplacement de la contre-pointe se fait à l'aide d'un levier à cliquet ou d'une manivelle et d'engrenages prenant appui sur une crémaillère fixée au banc.

L'arbre de contre-pointe est percé d'un logement conique pour recevoir la contre-pointe; il est taraudé et vissé sur une tige terminée par une manivelle de manœuvre; il se bloque par le serrage d'oreilles fendues ménagées à la partie antérieure de son logement.

Chariot. — Dans les tours avec banc à queue d'aronde, la forme même de la glissière empêche le soulèvement du tablier du chariot; il n'en est pas de même dans les tours à V, et les premiers constructeurs américains assuraient le repos du chariot sur le banc par l'accrochage d'un poids dans le milieu du pont; c'est d'ailleurs une disposition que nous retrouvons dans le tour d'outilleur de MM. Pratt et Whitney. Si l'on supprime le poids, il faut ajouter un coulisseau qui nécessite sous le banc une partie dressée dont le plan doit non seulement être parallèle à l'axe des pointes, mais rencontrer les plans des V suivant des intersections rigoureusement parallèles entre elles, ce qui n'est pas sans présenter quelque difficulté; c'est même une des raisons qui, jointe à celles dont il a été précédemment question, doit faire préférer au système des deux V pour le guidage du chariot un V à l'avant et un plan à l'arrière.

Le chariot longitudinal automatique est une des parties essentielles du tour moderne; il est surmonté d'un chariot transversal dont la commande est elle-même automatique. Dans les tours européens, les deux chariots automatiques sont le plus souvent surmontés d'un plateau pivotant gradué et de deux chariots supérieurs en croix pour l'approche de l'outil ou pour le tournage à la main; ces chariots échafaudés sont de nature à compromettre la stabilité de l'outil; aussi, pendant longtemps, les constructeurs américains se sont contentés soit d'un support d'outil ordinaire consistant en un simple bloc coulissant par vis et écrou transversalement sur le chariot longitudinal, soit d'un support d'outil articulé, dans lequel le bloc recevant le porte-outil coulisse, par vis et écrou, sur un socle qui est articulé à l'avant du chariot et dont une vis à l'arrière permet de donner l'inclinaison; cette disposition donne toute facilité pour régler la hauteur de l'outil. Depuis quelques années, les constructeurs américains, tenant compte des habitudes de leur clientèle européenne, munissent leurs tours d'un support d'outil à chariot pivotant permettant, en dehors des mouvements du chariot, le déplacement de l'outil à la main sous une orientation quelconque.

Les constructeurs emploient généralement des organes de mouvement distincts pour le chariotage et pour le filetage, le plus souvent une crémaillère pour le premier et une vis pour le second, la crémaillère servant en même temps pour la manœuvre rapide à la main; MM. Bariquand et Marre munissent leurs tours de précision de deux vis, la vis réservée au filetage étant d'une construction particulièrement soignée. Il y a lieu de remarquer qu'ici l'emploi de la crémaillère n'a pas d'inconvénient grave, l'effet de recul qui pourrait en résulter ne se produisant pas suivant la direction de l'outil et ne pouvant que faire varier la largeur des passes; toutefois, on ne peut nier que l'usage de la vis est de nature à fournir un travail plus précis.

La vis de filetage reçoit la commande de l'arbre principal au moyen d'un équipage de roues montées sur une tête de cheval; elle est placée soit à l'extérieur du banc, soit à l'intérieur dans la partie médiane du chariot longitudinal; cette dernière disposition la protège mieux que la première contre les chocs et assure la traction du chariot dans de meilleures conditions; le mouvement est communiqué au chariot en embrayant avec la vis un écrou mobile formé tantôt d'un seul secteur, tantôt de deux secteurs qu'on manœuvre simultanément.

La commande du chariotage se fait le plus souvent au moyen d'un arbre rainuré qui commande, d'une part, le chariotage longitudinal par vis sans fin, roue, engrenages et crémaillère, et, d'autre part, le chariotage transversal par engrenages d'angle et roues droites. Cet arbre rainuré est placé soit à l'avant du banc, soit à l'arrière, et sa commande est prise sur l'arbre du tour et transmise par une ou par deux séries de cônes avec arbres intermédiaires et courroies; MM. Pratt et Whitney interposent dans la commande un harnais d'engrenages à trois étages et obtiennent ainsi, avec les deux étages du cône, six vitesses d'avance différentes pour une même vitesse du tour. Un mécanisme d'arrêt et de changement de marche, avec embrayage par manchons dentés, produit la marche dans les deux sens et l'arrêt du chariot; souvent un système de deux engrenages oscillants, placés à l'origine de la commande et manœuvrés par un levier ou un excentrique, donnent la marche dans les deux sens ou, dans une position neutre, l'arrêt des mouvements de chariotage et de filetage.

On peut également se servir de la vis même du filetage comme arbre de commande du chariotage; dans le tour de l'Union, la vis est creusée, à cet effet, d'une rainure longitudinale dans laquelle coulisse une nervure fixée à l'intérieur d'une vis sans fin entraînée par le chariot, et cette vis communique son mouvement au chariotage longitudinal et transversal; dans les tours de M. Reinecker, la vis est débrayée de son écrou et, continuant à tourner, communique son mouvement à un arbre qui commande la crémaillère. La commande du chariotage peut encore employer l'équipage même des roues du filetage; dans le tour à deux vis de MM. Bariquand et Marre, un arbre intermédiaire communique le mouvement de l'arbre du tour aux deux vis et à l'arbre du mouvement transversal; dans le tour à banc rompu de M. Bouhey, la commande est également transmise dans un sens ou dans l'autre, par une série d'engrenages, à un arbre principal qui, du côté opposé à la poupée fixe, la distribue par engrenages soit à

un arbre situé en avant du tour pour le chariotage par crémaillère, soit à la vis-mère pour le filetage, et, par une série d'engrenages montés sur une tête de cheval, à un arbre placé à l'arrière du tour pour la marche transversale. La disposition qui consiste à utiliser un arbre intermédiaire qui passe sous le banc et actionne la vis à l'extrémité voisine de la contre-poupée se rencontre fréquemment dans les tours à banc rompu.

Depuis quelques années, un certain nombre de harnais de commande ont été étudiés en vue d'exécuter plusieurs pas ou de charioter à des avances variables sans retirer les roues. Dans la disposition Norton, qui est appliquée au tour Hendey, la vis est commandée par un train portant douze roues, dont l'une quelconque peut être commandée

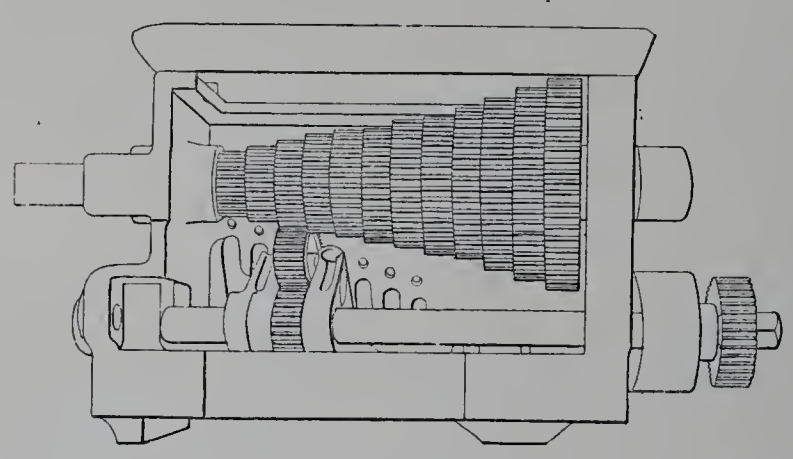


Fig. 8. — Harnais Norton.

à volonté par une roue calée à rainure sur un arbre intermédiaire et engrenée toujours dans une fourche à levier avec une roue folle; la prise avec l'une quelconque des roues de la pile se fait en enclenchant le levier dans l'encoche correspondante d'une coulisse graduée en pas. On peut ainsi obtenir douze pas de vis différents sans changer les engrenages, au moyen d'un simple déplacement du levier.

Des embrayages indépendants par déplacements de roues sur leurs axes, ou par manchons dentés, ou mieux par friction, permettent d'actionner, à volonté, soit le chariot longitudinal, soit le chariot transversal. Pour conduire le chariot longitudinal à la main, on le débraye de sa vis sans fin et on agit directement à la manivelle sur le pignon de la crémaillère. Les engrenages qu'exige la transmission de ces différents mouvements prennent une certaine place sur le côté du banc et sont souvent disposés du côté opposé à l'ouvrier; certains constructeurs (Reed, Pratt et Whitney, Bradford, Ernault, etc.) ont pu les mettre du côté de l'ouvrier et les recouvrir par le tablier, sans qu'il en résulte d'encombrement, et obtenir ainsi l'avantage d'une manœuvre simple et rapide. Dans le tour modèle 1900 de MM. Pratt et Whitney, le tablier est double et les arbres sur lesquels sont fixées les roues sont supportés dans des coussinets à leurs deux extrémités.

Quand on veut employer l'avance transversale et surfacer avec précision, il est utile de pouvoir bloquer le tablier sur le banc; c'est une disposition qu'on rencontre dans le tour de MM. Pratt et Whitney, dont il vient d'être question.

Il est de règle que les deux mouvements de chariotage et de filetage ne puissent pas être embrayés simultanément; des dispositifs permettent en général d'éviter cette fausse manœuvre.

Des débrayages automatiques sont également disposés dans les deux sens du mouvement de chariotage; ils agissent sous l'effort du tablier. MM. Bariquand et Marre et M. Hendey actionnent un manchon de débrayage par une tringle poussée par le chariot, en agissant par des leviers amplificateurs du déplacement.

Dans les tours Reed et Pratt et Whitney, l'arbre rainuré de commande du chariotage est entraîné par un manchon à dents, dont les deux parties tendent à rester embrayées sous l'action d'un ressort à boudin; il peut prendre un léger déplacement et porte un taquet qui, sous la poussée du chariot, agit pour désembrayer le manchon et comprimer le ressort. Dès que le chariot est ramené en arrière, l'embrayage se produit de lui-même sous l'influence du ressort.

Le tour à clefs de robinet de MM. Warner et Swasey possède en outre un mécanisme automatique de renversement de marche qui permet à l'outil d'achever le travail par une passe de finissage, pour le rattrapage des flexions élastiques.

Une disposition spéciale permet souvent le filetage des pas allongés; elle consiste en général, comme dans les tours Ducommun, à prendre la commande de l'équipage des roues de filetage directement sur l'arbre du tour pour les pas courts et sur le pignon du cône pour les pas rapides; le pas est ainsi allongé dans le rapport des vitesses données par le harnais. Dans le tour de précision de MM. Bariquand et Marre, un renvoi spécial commande la vis-mère, qui transmet son mouvement à la poupée, par l'intermédiaire du train de roues et d'une vis sans fin agissant sur la circonférence taillée du plateau diviseur.

Dans le retour du chariot, après une passe de filetage, l'outil, pour éviter qu'il ne frotte, est rapidement retiré vers l'arrière à l'aide de la vis du chariot du support d'outil; il est ensuite ramené à sa position pour la reprise du filetage, en utilisant la graduation portée par le disque monté sur la vis. On facilite l'opération en établissant une butée sur le chariot inférieur et en donnant ensuite le fer à l'aide du chariot supérieur. MM. Bariquand et Marre obtiennent ce retour rapide de l'outil par un mécanisme d'excentrique qui agit sur la bride de la vis du chariot inférieur et dont l'amplitude de rotation est limitée par deux butées.

M. Huré limite le mouvement de la vis dans les deux sens, de la façon suivante (fig. 9) : sur la vis du chariot est monté un manchon percé d'une rainure longitudinale dans laquelle peut se mouvoir une bille; une douille fixe, mais réglable à volonté, porte, dans la partie qui pénètre dans le manchon, une rainure hélicoïdale dans laquelle la bille est également maintenue; en faisant tourner la vis dans un sens ou dans l'autre, la bille, sous l'action de la rainure hélicoïdale, se déplace dans la rainure longitudinale et limite le recul d'une part, la remise en place d'autre part. Le fer se donne en tournant la douille de la quantité voulue et en faisant ensuite mouvoir la vis jusqu'à la butée de la bille.

C. F. E.

Dans les tours à fileter de M. Reinecker, un cylindre disposé dans l'intérieur de la coulisse transversale du support d'outil reçoit un piston à deux tiges, dont l'une, évidée

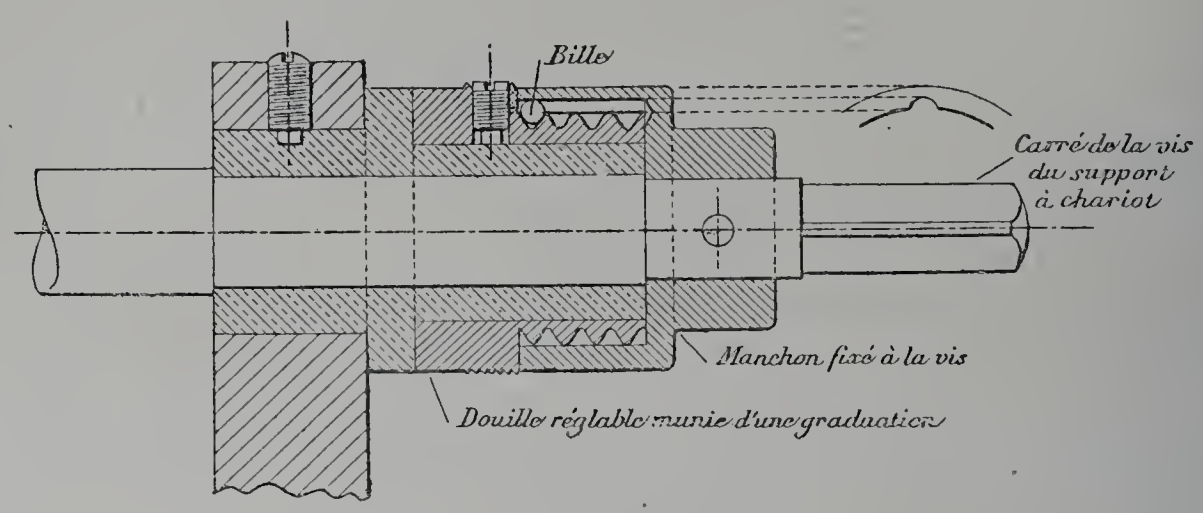


Fig. 9. — Butée mobile pour filetage (Huré).

intérieurement et filetée en écrou, sert de point d'appui à la vis de rappel du coulisseau et dont l'autre fait saillie par son extrémité en dehors de la coulisse et s'appuie sur un gabarit qui guide le déplacement du burin. Un ressort à boudin enveloppe la tige écrou et, prenant appui sur le fond du cylindre, presse contre le piston et tend à faire appuyer

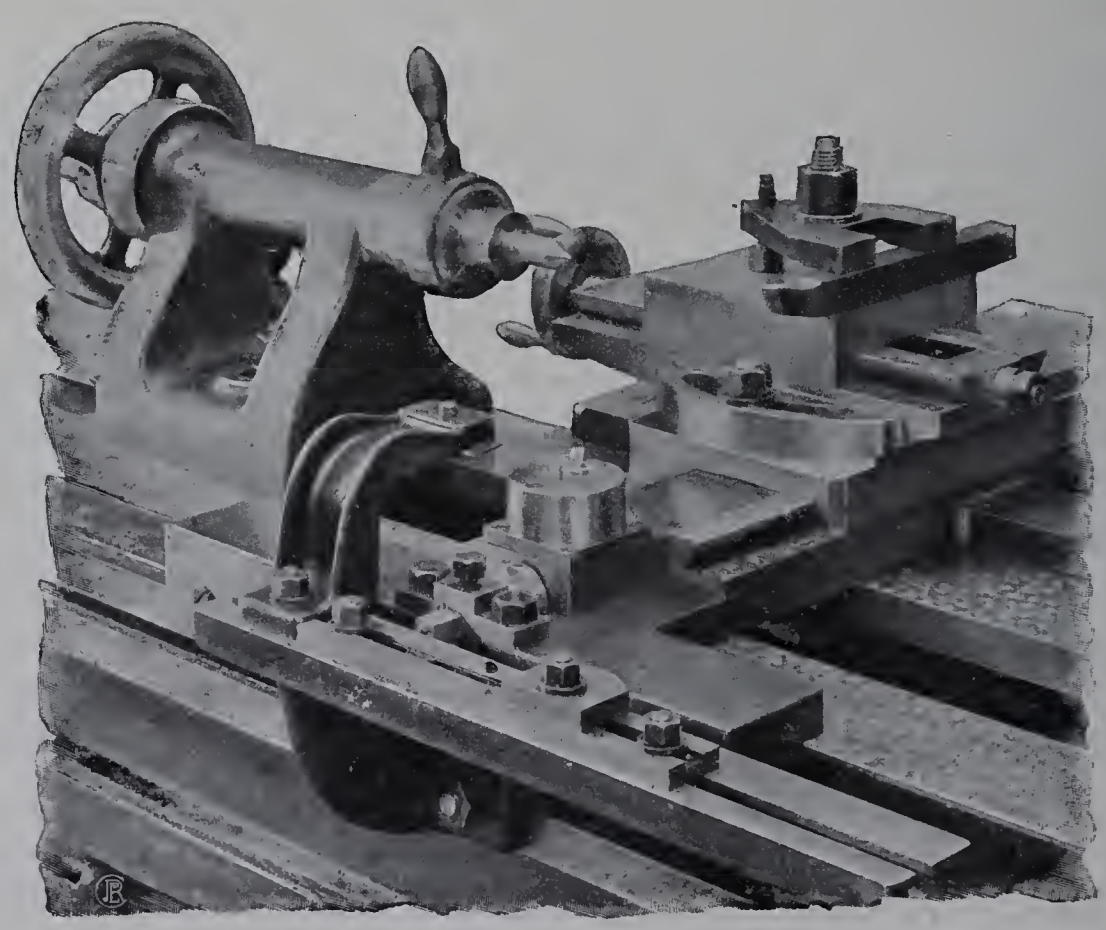


Fig. 10. — Mécanisme hydraulique des tours à fileter (Reinecker).

la touche contre le gabarit. Au-dessus du cylindre et en communication avec lui, se trouve un réservoir rempli d'huile et muni d'une soupape fermant ou ouvrant le

passage du réservoir au cylindre et pouvant être actionnée par une simple pression sur l'extrémité d'une tige sortant au-dessus du réservoir.

Lorsque la machine est en marche, la touche appuie sur la règle, et le chariot, en avançant sur le banc, entraîne tout le mécanisme avec lui; à la fin de la passe, la touche, rencontrant un plan incliné convenablement placé, est repoussée en arrière, renvoie le piston vers l'autre extrémité du cylindre et aspire l'huile de la chambre du réservoir. A ce moment l'outil sort du filet, l'arrêt automatique se produit, et l'ouvrier embraye pour le retour du chariot. La touche quittant alors le plan incliné, le ressort d'arrière tend à agir sur le piston et à le ramener en avant, mais comme le cylindre est rempli d'huile et que la soupape est fermée, l'outil reste en arrière jusqu'à ce qu'une butée, placée à l'origine du travail, presse sur la tige de la soupape, force cette dernière à s'ouvrir et à laisser libre le passage de l'huile, qui, sous la pression du piston, se précipite dans la chambre du réservoir. Le piston en se rejetant vers l'autre extrémité du cylindre entraîne avec lui tout le coulisseau porte-outil, jusqu'à ce que la touche vienne de nouveau porter sur la règle à gabarit. L'ouvrier donne alors à la main l'avance du burin au moyen de la vis de rappel qui porte un cadran gradué au 1/100e de millimètre.

Tournage des pièces coniques. — Le support à chariot pivotant permet de tourner à la main des cônes courts; d'autre part, la plupart des tours peuvent, en désaxant la contre-pointe, tourner ou fileter une pièce conique; mais ce n'est que par une série de tâtonnements que l'on arrive à déterminer la position de la contre-pointe pour un cône donné, et encore les pointes, ne se trouvant pas dans le même axe, n'offrent qu'un faible appui à la pièce.

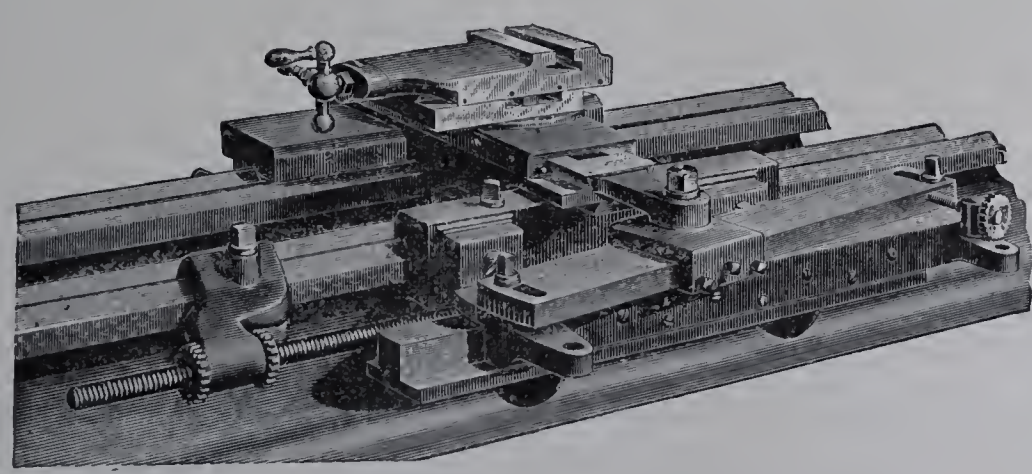


Fig. 11. — Dispositif Reed pour les tournages coniques.

Les tours qui, comme les tours Bouhey et Huré, sont munis d'une tête de cheval spéciale pour la commande de l'arbre du mouvement transversal, peuvent, par la combinaison de ce mouvement avec le mouvement longitudinal également obtenu par une série d'engrenages, tourner et fileter des surfaces coniques sur toute la longueur disponible entre pointes.

Un dispositif qui paraît être d'origine américaine tend à se généraliser. Il consiste, en principe, en une barre horizontale, qui est inclinable sur un support mobile que l'on fixe à l'arrière du banc. Sur cette barre glisse un sabot qui est relié par un goujon amovible à une coulisse indépendante du chariot, sur laquelle se déplace le support d'outil.

On comprend que, le tour mis en marche et le mouvement du chariot embrayé, l'outil reproduira exactement sur la pièce l'inclinaison de la barre directrice. En enlevant le goujon reliant la coulisse au sabot de la barre et en bloquant cette coulisse sur le chariot, l'outil tournera cylindriquement sans qu'on ait eu à déranger le réglage de la barre directrice (Reed, Pratt et Whitney, Hendey, Prentice Bros. Company, Reinecker, Ernault, etc...).

ACCESSOIRES DE TOURS.

Une opération préliminaire très importante dans les travaux de tour consiste dans le centrage des pièces qui doivent être montées en pointes; un centrage correct comprend un dressage en bout pour l'attaque du foret, un avant-trou et une fraisure conique à l'angle exact de la pointe, 60 degrés ordinairement, de telle façon que la pointe porte par toute la longueur de sa génératrice.

Outils de centrage. — MM. Droop et Rein emploient à cet usage un petit tour à percer horizontal sur la broche duquel est monté l'outil; la pièce fixée entre deux V, dont le serrage sur le centre s'effectue par deux vis à pas contraires, est montée sur un chariot qu'on fait mouvoir longitudinalement vers l'outil à l'aide d'un levier. L'outil comprend trois pièces pénétrant l'une dans l'autre, de façon à constituer un outil unique, et destinées, la première à percer l'avant-trou, la deuxième à faire la fraisure conique, la

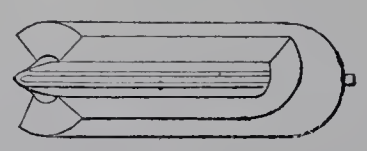


Fig. 12. — Outil de centrage Droop et Rein.

troisième à dresser la tranche; il est monté sur la broche de la machine et fait simultanément les trois opérations. Il y a toutefois lieu de remarquer que le travail des trois outils s'effectue à une vitesse unique, malgré la différence assez considérable de leurs diamètres.

La machine de MM. Pratt et Whitney est à deux broches indépendantes qui tournent à deux vitesses différentes et sont commandées par le même levier; ce levier sert également à faire osciller leur support et à amener l'une ou l'autre des broches dans l'axe de la pièce; de plus, en faisant avancer l'une d'elles, il fait en même temps reculer l'autre. On peut monter soit sur la première broche le foret qui doit percer l'avant-trou et sur la deuxième la fraise destinée à former le cône de la pointe, soit sur la première un foret

perçant l'avant-trou et faisant en même temps l'emplacement de la pointe et sur la deuxième une fraise destinée à dresser la pièce en bout.

Fig. 13. — Foret de centrage américain.

Le Dresdner Bohrmaschinenfabrik emploie un seul outil permettant les trois opérations, mais la variation de vitesse est obtenue par le déplacement d'un galet de friction sur un disque.

Appareils à rectifier sur place les pointes des tours. — Il est, d'autre part, indispensable que les pointes de tour soient d'une façon constante entretenues dans un état parfait et à l'angle donné. Plusieurs appareils, qui figuraient à l'Exposition des États-Unis et de l'Allemagne, permettent d'obtenir ce résultat sur place, en évitant de détremper, de retourner et de retremper les pointes; ils se fixent en général sur le chariot du tour; la meule peut recevoir à la main un mouvement de rotation qui communique à l'ensemble un mouvement latéral de va-et-vient (Dresdner Bohrmaschinenfabrik), ou encore elle est commandée par le plateau du tour à l'aide d'une série de poulies formant renvoi, et

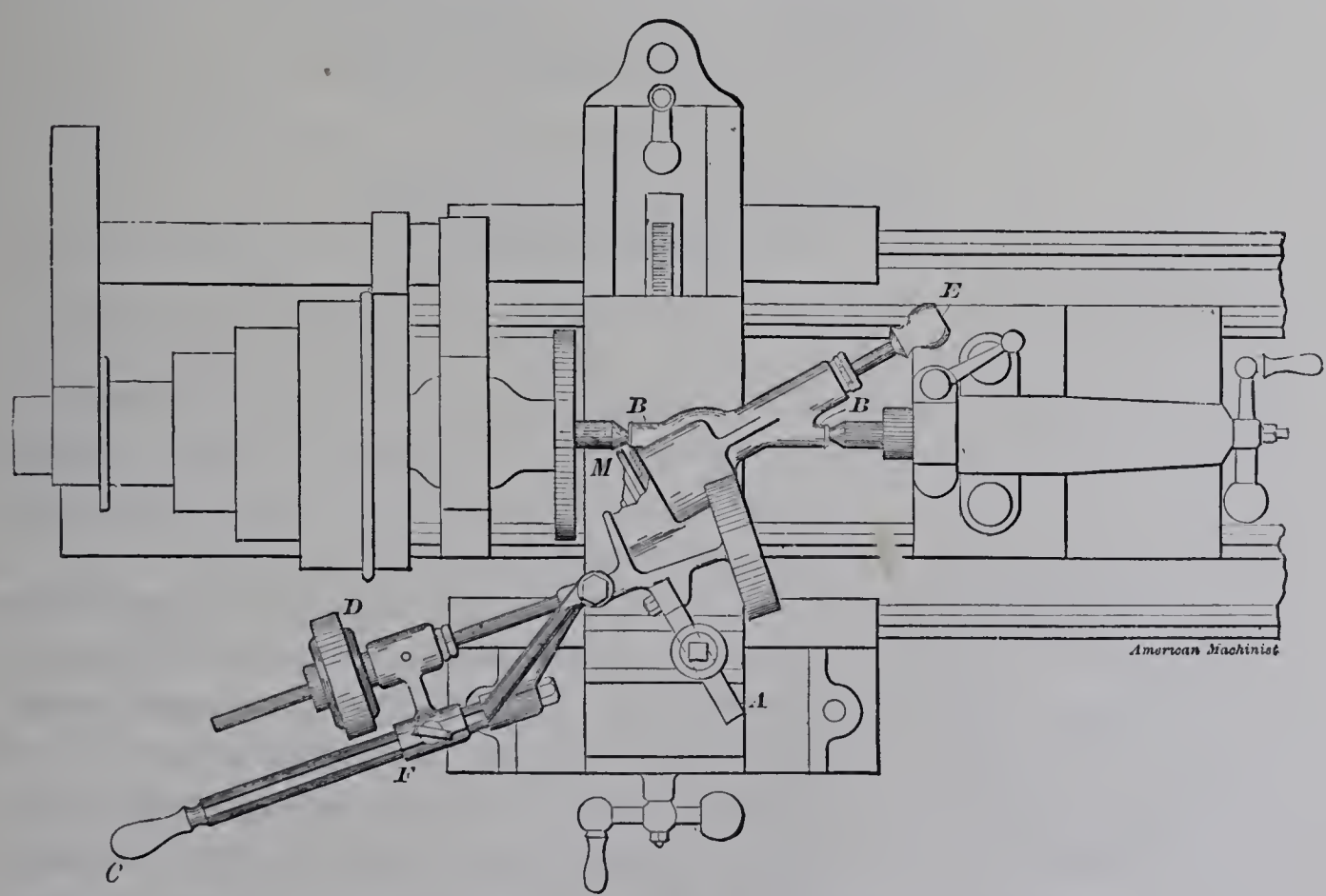


Fig. 14. — Appareil «Leland et Faulconer» à rectifier les pointes de tour.

la main n'intervient que pour donner un mouvement d'allée et venue vers la pointe sous l'angle voulu (Trump Brothers Machine Company, Dock Herman).

L'appareil de MM. Leland et Faulconer est monté, pour son centrage, entre les pointes

de tour, puis serré par sa queue dans le porte-outil. La meule reçoit son mouvement de rotation du grand étage du cône du tour par l'intermédiaire d'un galet en caoutchouc, d'un joint à la Cardan et d'un rapport d'engrenages; le galet est maintenu en contact sur le cône, au moyen d'un levier à poignée sur lequel il est bloqué. Le mouvement de va-et-vient nécessaire à la meule lui est donné au moyen de la poignée, qui, par la tige passant dans la broche, agit sur la meule.

Plateaux et mandrins. — Les plateaux et les mandrins servant au montage des pièces sur les arbres de tour sont représentés par des types nombreux, pour la plupart connus depuis longtemps : plateaux à tocs, plateaux à trous ou à rainures avec griffes de serrage, etc. . . Un certain nombre de plateaux opèrent automatiquement par le serrage simultané des griffes. Dans les plateaux Horton, Sweetland, Oneida National Chuck, le mouvement simultané est donné par une couronne dentée qui engrène avec

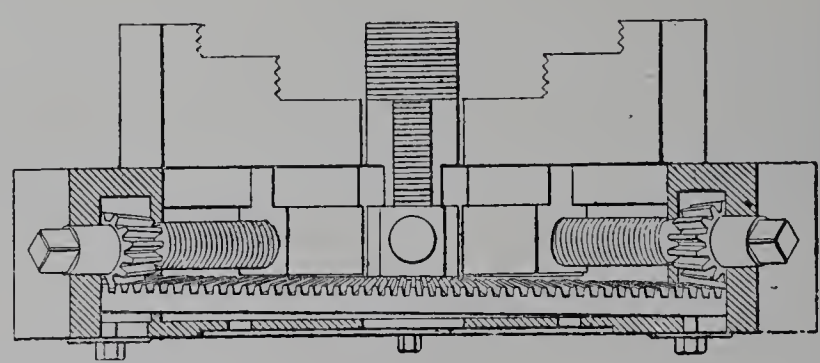


Fig. 15. — Plateau Sweetland.

des pignons d'angle, ces pignons font tourner des vis sans fin qui entraînent les mordaches; il suffit d'agir sur une des vis pour faire tourner toutes les autres; en général, un ou plusieurs pignons peuvent être débrayés et l'appareil transformé en appareil à mors indépendants; souvent les mors sont réversibles et permettent de saisir solidement des pièces de petit diamètre par leurs longues faces; dans les plateaux Wescott, la couronne dentée fait tourner un plateau à volute, qui entraîne directement les mordaches.

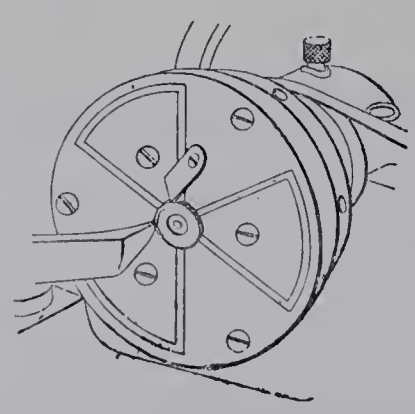


Fig. 16. — Mandrin magnétique pour tour (Walker).

MM. Walker et Cie exposent une série d'appareils destinés à fixer magnétiquement des pièces métalliques sur différents types de machines-outils. Le mandrin magnétique de tour se compose d'une caisse circulaire en fer doux dont le fond se retourne intérieurement de façon à former un noyau creux sur lequel est enroulée la bobine dans laquelle passe le courant. Les extrémités du fil de la bobine communiquent avec deux bagues, isolées entre elles et de l'arbre central, sur lesquelles viennent appuyer deux balais amenant le courant. La partie antérieure de la caisse sur laquelle s'applique la pièce à travailler est parfaitement plane et présente de larges épanouissements polaires

formés par six secteurs, provenant, trois de la partie centrale et trois des bords de la boîte et s'engageant les uns dans les autres. Ces mandrins s'adaptent facilement sur le plateau du tour; un alésage central en permet le montage sur des arbres spéciaux de longueur réglable. Ceux-ci peuvent être prolongés par une partie tournée au diamètre intérieur des objets à travailler, de manière à en faciliter le centrage; en outre, pour empêcher les disques pleins d'être chassés par l'outil, tangentiellement au mandrin, on dispose d'un petit cliquet maintenu sur le mandrin par une vis de serrage.

L'effort qu'exerce un burin de tour sur une pièce en travail est indépendant de la section de la pièce; on peut se demander s'il en est de même de l'adhérence et si les petites pièces pourront résister à l'action de l'outil. L'adhérence normale entre le plateau du mandrin et la pièce est représentée par la formule $F = \frac{B^2 S}{8 \varpi}$, dans laquelle S représente la surface en contact et B l'induction ou flux par unité de surface; or, quelle que soit la surface du contact, toutes les lignes de force du mandrin se fermeront par l'intermédiaire de la pièce, à quelques-unes près qui s'échapperont dans l'air, et l'induction ou flux par unité de surface sera bien plus considérable pour les petites sections que pour les grandes; donc plus S sera petit, plus B sera grand et l'attraction F restera sensiblement la même, quelle que soit la surface de contact.

Pour tourner entre pointes des pièces qui présentent une ouverture centrale, on peut se servir du mandrin à douille expansible «Brown et Sharpe»; la douille est tournée

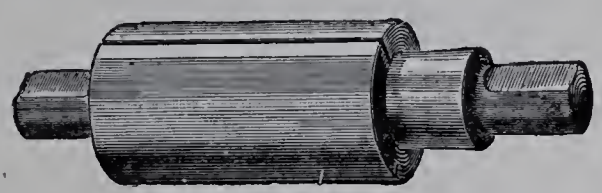


Fig. 17. — Mandrin à douille expansible.

sur toute sa longueur parfaitement cylindrique, au diamètre de l'alésage de la pièce à monter, et sa flexibilité permet de l'entrer facilement dans la pièce; l'intérieur est conique et rectifié en même temps que le mandrin. Par ces dispositions, on évite l'emploi des mandrins légèrement coniques, sur lesquels les pièces à tourner n'appuient que par quelques points.

Lunettes. — Les lunettes fixes sont formées soit par des coussinets en bois contenus dans un cadre rectangulaire avec chapeau de serrage, soit par trois griffres à 120 degrés montées sur un cercle. Quant aux lunettes à suivre, elles sont montées sur le chariot et soutiennent l'arbre à tourner à l'aide de V ou de touches réglables, ou encore à l'aide de lunettes cylindriques fermées, en bois ou en bronze, au diamètre de la pièce à fileter ou à tourner.

Supports d'outils. — On fixe les outils sur le chariot supérieur, soit en les encastrant dans une sorte de châssis ou de logement de section convenable et les serrant par

IMPRIMERIE NATIONALE.

une vis, soit, pour les tours plus forts, en les appuyant au moyen de brides et de boulons; on met la pointe à la hauteur convenable en plaçant des cales sous l'outil.

Les constructeurs américains emploient généralement dans les tours de petite et de moyenne force un support d'outil formé par une sorte de boulon, dans la fente duquel pénètre le burin et dont la tête se loge dans une rainure à T du chariot supérieur : l'appui de l'outil a lieu sur un coin dont le dessous en forme de calotte sphérique repose

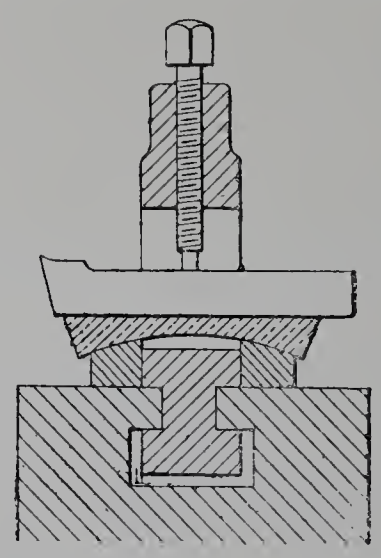


Fig. 18. — Support d'outil Sweet.

sur une rondelle de même forme; on peut ainsi élever et abaisser la pointe de l'outil à la demande du travail à effectuer; ce procédé de réglage en hauteur a toutefois l'inconvénient de changer l'angle d'incidence de l'outil et d'incliner sa direction sous la vis de serrage.

Appareils de fraisage. — Certains constructeurs cherchent à donner à leurs tours un caractère d'universalité, en leur adjoignant des appareils qui les transforment en machines à fraiser. MM. Bariquand et Marre montent ces accessoires à la place des chariots sur le coulisseau du tablier de leur tour de précision à deux vis. Par la combinaison des chariots, des coulisses pivotantes horizontales et verticales, et les réglages convenablement disposés, l'arbre porte-outil peut prendre, par rapport à l'axe du tour, une direction quelconque pour les opérations de fraisage et de perçage les plus variées; il reçoit son mouvement d'un cône à trois gorges avec engrenages taillés en hélice.

Un petit tour système Pittler, construit par la fabrique de machines-outils de Leipzig, peut être facilement transformé en machine universelle. Le banc a, en coupe, une section trapézoïdale; le chariot épouse intérieurement la forme du banc et affecte extérieurement une forme cylindrique; c'est sur cette partie cylindrique que le support d'outil de tour ou le porte-fraise, ou encore la pièce elle-même, peuvent être fixés dans une orientation quelconque. On conçoit, dès lors, toute la variété des travaux auxquels la machine permet de se livrer, soit que la pièce, soit que l'outil soient montés sur l'axe du tour.

OUTILS DE TOUR.

Les outils de tour doivent affecter des formes qui résultent d'abord du genre de travail auquel ils sont destinés : ébaucher, finir, planer, dresser, couper, fileter, etc., et ensuite des angles de coupe, d'incidence et de dégagement qu'ils doivent présenter sur

Fig. 19. — Porte-outil Woodbrige.

tous les points de l'arête coupante et qui dépendent de la nature du métal à travailler, Les conditions d'établissement des outils sont depuis longtemps connues et ont été fixées par les travaux de Willis et Jœssel; elles n'offrent rien de particulier à signaler aujour-

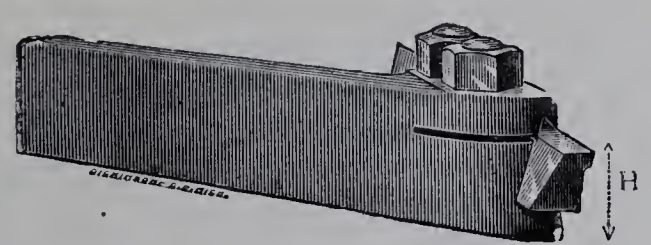


Fig. 20. — Porte-outil de côté Hill.

d'hui; toutefois, la réalisation des formes qui en résultent entraîne une certaine complication de forgeage et nous devons noter la tendance des constructeurs à ramener les outils destinés aux différents usages à un certain nombre de types bien définis, avec des

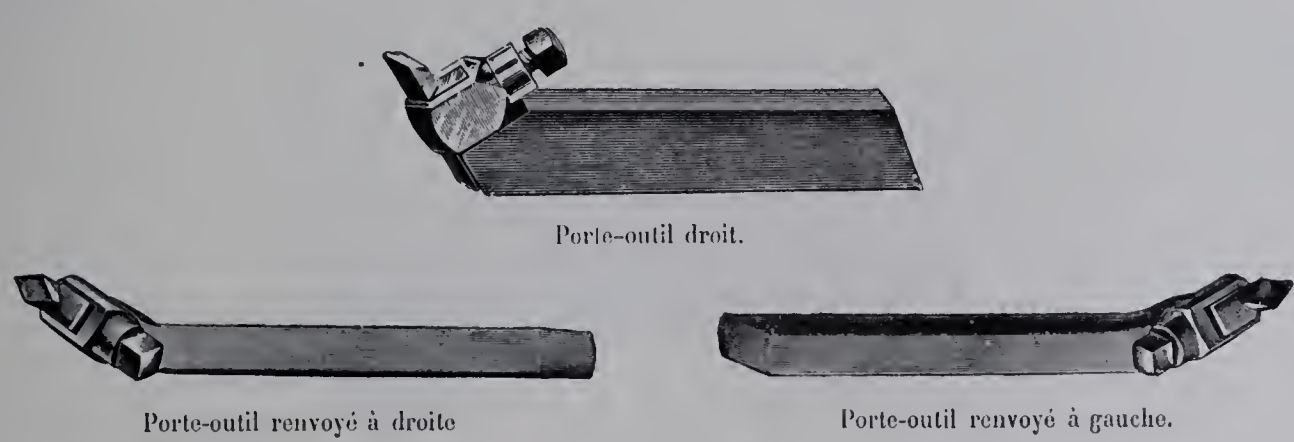


Fig. 21. — Porte-outil en bout Hill.

angles d'affûtage nettement déterminés. Cette manière d'opérer permet de confier à un ouvrier spécial le soin de la réparation de l'outillage, en même temps qu'elle assure un meilleur rendement de la machine et qu'elle évite les pertes de temps de l'ouvrier qui la conduit.

Dans un but d'économie et de simplification, l'usage s'est considérablement étendu d'employer de simples barres profilées, dont on sectionne le devant suivant un plan formant avec la longueur l'angle de tranchant théorique, et dont l'angle d'incidence est donné par la direction de leur logement dans le porte-outil; MM. Smith et Coventry,

Fig. 22. — Outil à tronçonner «Johnson».

MM. Kendall et Gent réduisent l'outil à un bout de barre ronde coupé de façon que la tranche fasse avec les génératrices l'angle théorique; sa forme cylindrique permet de l'orienter à volonté dans le porte-outil. Dans tous les cas, une condition essentielle à réaliser est que l'outil soit solidement fixé dans le porte-outil.

Nous citerons encore les outils circulaires tournés à un profil tel qu'une section opérée à une distance déterminée du centre donne à la fois la coupe et la section convenables, et souvent utilisés dans le travail en série sur le tour à décolleter.

Les outils profilés montés dans un porte-outil sont avantageusement employés comme outils de filetage, et nous rappellerons à ce sujet que c'est par l'emploi d'outils de cette nature que MM. Bariquand et Marre sont arrivés, par une méthode simple et ingénieuse, à établir les prototypes des vis du système français d'unification des filetages. L'outil constitué par un prisme à section triangulaire, dont l'axe est incliné de 15 degrés environ par rapport à la tangente à l'hélice au fond du filet, a une section droite calculée de telle façon que le filet découpé par l'arête tranchante obtenue suivant la section oblique décrive une surface hélicoïdale au profil voulu, en même temps que tout l'outil reste en dehors de la vis déterminée par cette surface, c'est-à-dire présente la dépouille nécessaire pour couper le métal. Ensuite, par un simple meulage, on rétablit exactement les arêtes dès qu'elles sont usées.

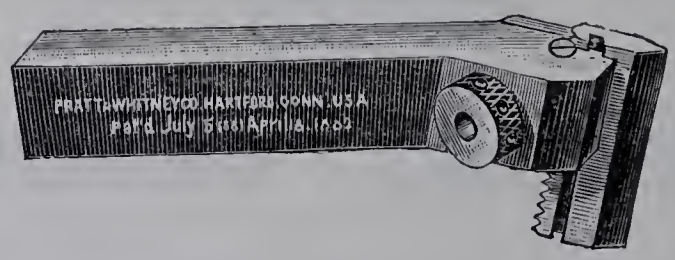


Fig. 23. — Porte-outil à fileter «Pratt et Whitney».

C'est sur le même principe que repose le porte-outil à fileter présenté par MM. Pratt et Whitney.

Nous signalerons encore le porte-outil exposé par la Rivett Dock Company, qui donne un moyen rapide et simple d'exécuter les filetages sur le tour. L'appareil permet de

décomposer le travail entre dix outils semblables, dont les sommets sont progressivement tronçonnés et qui viennent successivement ébaucher le filet, l'approfondir et le finir. Les outils sont fixés sur un disque circulaire monté sur un chariot horizontal qu'on manœuvre

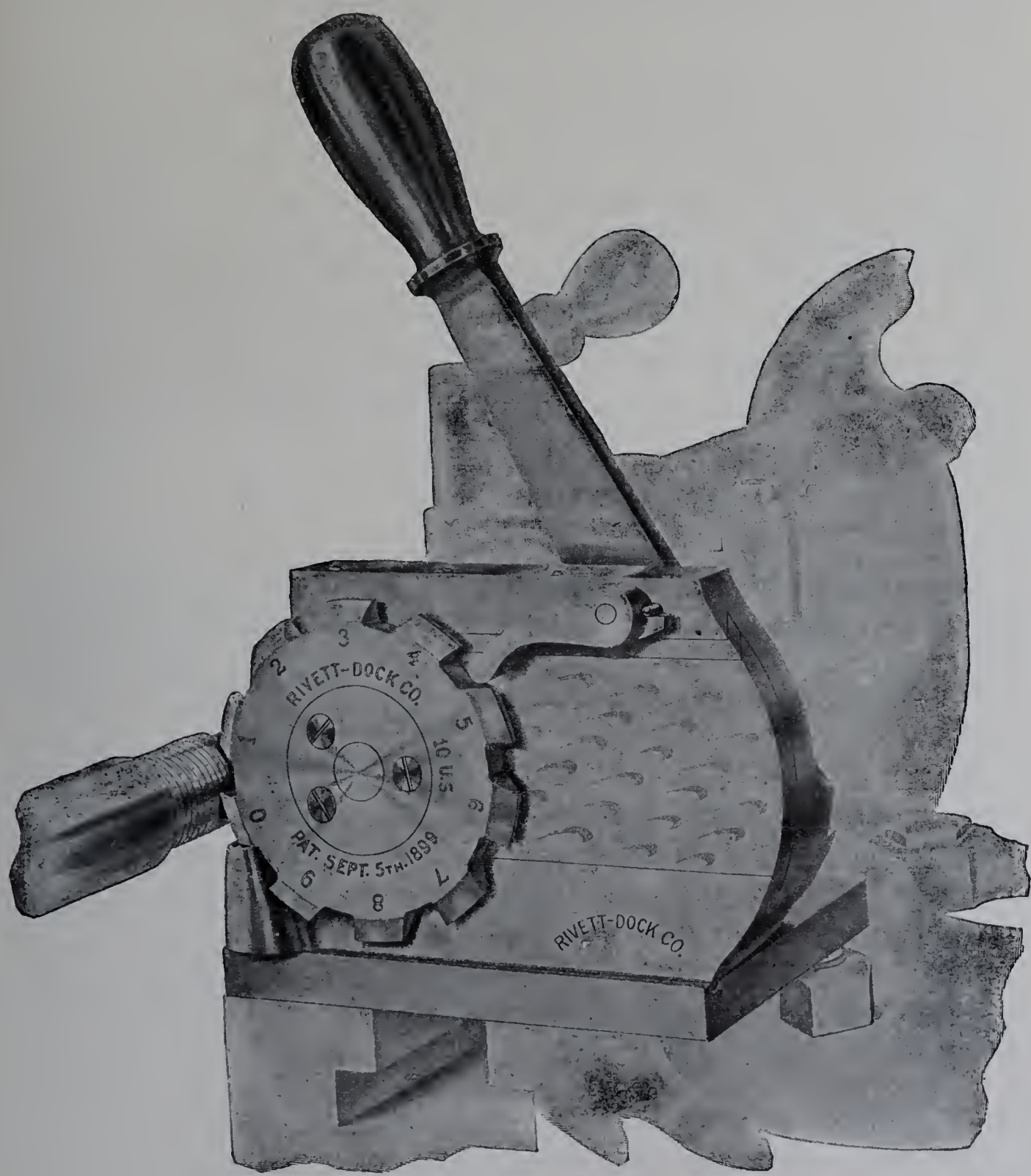


Fig. 24. — Outil à fileter de la Rivett Dock Company.

à l'aide d'un levier jusqu'à une butée fixe; la dent en travail est supportée par un talon et, pendant le mouvement du chariot en arrière, un cliquet fait tourner le disque et produit le changement d'outil; enfin, une disposition permet, par la simple manœuvre d'un levier, de faire avancer la pointe de quantités multiples de 1/400e de millimètre.

Nous n'avons rien de particulier à signaler sur la vitesse des outils de tour; toutefois,

l'attention du Jury a été appelée sur les expériences de tournage faites par la Bethleem Steel Company avec des outils préparés par le procédé *Taylor White*. L'examen du produit fut renvoyé à la Classe 64 (métallurgie); cependant, en raison de l'intérêt que les expériences en question présentent dans l'emploi des machines-outils, il semble intéressant d'en dire quelques mots.

La Bethleem Steel Company dit pouvoir tourner des aciers ronds en acier doux, mi-dur et dur aux vitesses respectives de 45 m. 7, 18 m. 3 et 4 m. 6 à la minute, la profondeur de coupe étant de 4 mill. 8 et l'avance par tour de 1 mill. 6; on pouvait voir à Vincennes une expérience de tournage d'une barre ronde d'acier doux dans les conditions précédentes; ces données dépassent sensiblement la production en copeaux des meilleurs aciers à outils connus jusqu'à ce jour, et il y a lieu d'ajouter que, dans le cas où l'usage d'outils de cette nature tendrait à se généraliser, il nécessiterait, pour obtenir le maximum de rendement, l'emploi de tours installés dans des conditions un peu différentes de ceux que nous voyons aujourd'hui, en raison des vitesses extraordinaires qu'on devrait exiger.

TOURS DIVERS.

Tours en l'air. — Les tours en l'air étaient relativement rares et généralement remplacés par des tours verticaux. Les spécimens exposés par M. Demoor et le « Progrès Industriel » présentaient à peu près les mêmes dispositions : poupée à double engrenage avec changement de marche, mouvement automatique du chariot dans tous les sens.

Tours à plusieurs outils. — M. Reed construit un tour dont le chariot est pourvu de deux porte-outils opposés, réglables en hauteur et pivotants, et dont celui d'arrière possède en outre un réglage longitudinal par vis : les deux outils travaillent dans le même plan vertical, en se partageant l'épaisseur du copeau, et permettent de doubler l'avance.

Dans un tour de 8 mètres de longueur entre pointes de la Springfield Machine Tool Company, trois burins, deux pour ébaucher, un pour finir, sont montés sur le même chariot et travaillent l'un derrière l'autre.

Un tour de l'« Union » possède une combinaison des deux dispositions précédentes; sur le chariot sont montés deux supports d'outils opposés, dont l'un peut recevoir deux outils travaillant simultanément l'un derrière l'autre en même temps que l'autre porte un outil travaillant en face.

Dans le tour à charioter et à fileter de MM. Elweel et Seyrig, de 20 mètres de longueur de banc et de 0 m. 900 de hauteur de pointes, un banc double permet l'emploi de chariots porte-outils placés de chaque côté de l'axe du tour et indépendants les uns des autres. La poupée est munie à l'arrière d'une commande pour le chariotage automatique par crémaillère, d'une commande pour le filetage des pas ordinaires et d'une commande pour le filetage des pas rapides. Quatre chariots porte-outils, dont deux sur

chaque côté de la machine, sont munis des mouvements automatiques de chariotage longitudinal à l'aide de crémaillères fixées au banc, de chariotage transversal et de chariotage conique obtenu par la combinaison du chariotage cylindrique avec le chariotage transversal. Les deux chariots placés sur le devant de la machine sont en outre pourvus du mouvement de filetage par l'intermédiaire d'une vis.

Tour à plusieurs pointes. — M. Demoor présente un tour à trois pointes permettant de façonner et de fileter simultanément trois pièces semblables; les trois chariots porte-outils, à réglage indépendant dans les deux sens, fonctionnent ensemble. Nous ferons remarquer à ce sujet que le réglage d'un outil entraîne forcément l'arrêt des deux autres et qu'en général, dans les machines disposées pour le travail simultané de plusieurs pièces, les pertes de temps sont parfois exagérées.

Tours à roues montées sur essieu (Bement-Miles, «Vulkan», Fétu-Defize, Vautier). — Les tours à roues montées sur essieu possèdent une contre-poupée avec plateau de centrage semblable à celui de la poupée. Les deux plateaux peuvent être commandés ensemble ou séparément, aux mêmes vitesses ou à des vitesses différentes, à volonté; l'axe des pointes est reporté vers l'arrière, de façon que le point d'application de l'effort de l'outil, dans le cas de grands diamètres, reste dans l'intérieur de la surface du banc. Deux supports d'outil, un pour chaque roue, sont montés sur des semelles réglables transversalement; l'avance est donnée aux outils par cliquets, automatiquement dans tous les sens et à toute inclinaison.

Tour à essieux coudés de locomotives. — Le tour présenté par M. Lomont est muni d'une forte poupée à plateau denté et de quatre chariots spéciaux permettant le passage de l'outil entre les coudes des arbres. Pour réduire les pertes de temps produites lorsqu'on tourne les faces latérales des coudes des essieux, un dispositif permet de faire passer la courroie de commande de la transmission intermédiaire de la petite à la grande vitesse, pendant la période d'inaction de l'outil, et de revenir ensuite à la petite vitesse, pendant la période de travail. A cet effet, deux taquets sont placés dans une rainure circulaire derrière le plateau du tour et agissent sur le dispositif en question, l'un pour faire passer la courroie sur la poulie de grande vitesse, l'autre pour la ramener sur la poulie de petite vitesse.

Machine à façonner les tubulures, système Pearn (Richards, constructeur). — Dans cette machine, la pièce est montée sur le tablier du banc et l'outil sur le plateau du tour. Le tablier du banc est formé de deux parties superposées : l'inférieure, qui peut recevoir un mouvement automatique de translation, et la supérieure, qui peut être obliquée suivant un angle quelconque par rapport à l'autre. Le plateau est animé d'un mouvement automatique de rotation; mais, de plus, le porte-outil peut recevoir un déplacement automatique de translation à l'aide d'un chariot qui se meut suivant un diamètre du plateau. La machine se prête à des travaux d'ordres divers, tels que l'alésage

des cylindres, quand le travail des brides fait défaut. Il suffit d'établir sur le banc une lunette pour supporter la barre à aléser qui, à l'autre extrémité, est reçue par un mandrin vissé dans le plateau du porte-outil ordinaire. L'avancement de la pièce sur la table est obtenu mécaniquement.

Tours à donner la dépouille aux fraises. — Un certain nombre de tours (Reinecker, Hendey, Demoor) étaient disposés pour donner la dépouille aux tarauds, alésoirs, fraises à profil invariable, etc. Sans entrer ici dans le détail des conditions à réaliser par ces outils, sur lesquels nous reviendrons en particulier dans le chapitre relatif aux fraises, nous dirons que, d'une façon générale, le problème consiste à combiner le mouvement de rotation de la fraise, qui est montée sur l'arbre du tour, avec un mouvement de va-et-vient de l'outil perpendiculairement à l'axe, de façon que, pour un tour de la fraise, l'outil fasse un nombre d'oscillations égal au nombre de dents; ce mouvement de va-et-vient est communiqué au chariot porte-outil à l'aide de cames ou de rampes dont le mouvement de rotation est reçu de l'arbre du tour à l'aide d'un harnais d'engrenages. On peut employer soit un outil de forme qui attaque la dent sur toute sa longueur, soit un simple burin qui se déplace le long de la fraise, en s'appuyant sur un gabarit.

Un tour exposé par M. Reinecker permet de dépouiller les fraises taillées en hélice; dans ce cas, l'outil travaille à l'aide d'un reproducteur et non seulement reçoit à chaque rotation de la fraise un nombre d'oscillations égal à celui des entailles, mais encore ces oscillations sont avancées ou retardées d'une quantité qui dépend de l'avancement du chariot et du pas de l'hélice; à cet effet, on interpose comme liaison entre les deux trains de roues qui donnent l'un le déplacement du chariot, l'autre le mouvement de rotation de la came, un train différentiel, de sorte que la succession des points d'attaque de l'outil à chaque dent forme l'hélice.

Machine à tronçonner les barres (Pratt et Whitney). — Dans cette machine, qui présente la disposition générale d'un tour horizontal, le sectionnement de la barre est fait automatiquement par un outil à tronçonner *Johnson*, avec une vitesse circonférentielle de coupe qui reste constante pendant toute la durée de l'opération.

La broche dans laquelle passe la barre à tronçonner est munie à chacune de ses extrémités d'un mandrin universel pour serrer et supporter la barre. Au fur et à mesure que l'outil se rapproche du centre de la barre, la broche reçoit un mouvement de rotation accéléré obtenu par le déplacement de sa courroie de commande sur deux tambours coniques en sens inverse.

La machine possède un débrayage automatique, une butée réglable suivant les longueurs à tronçonner et une pompe pour la lubrification des outils. Elle permet de tronçonner des barres jusqu'à 82 millimètres de diamètre.

La durée du tronçonnage d'une barre en acier doux de 76 millimètres de diamètre est de deux minutes et demie environ.

II. TOURS VERTICAUX.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

C'est la première fois que des tours verticaux figurent dans une exposition universelle française; bien qu'on retrouve trace de leur emploi en Angleterre dès 1839 (brevet Bodmer), en France vers 1860 (maison Bollée, du Mans), il reste établi que c'est surtout aux États-Unis que leur usage s'est développé et de là répandu en Europe. Les Américains, en effet, n'ont jamais admis avec faveur, pour le travail des fortes pièces, les tours horizontaux en l'air ou à banc rompu; ils considèrent ces types de machines, en raison de l'affaiblissement de leur banc, comme peu appropriés à leur puissance. De plus, le plateau du tour qui est vertical supporte la pièce en porte-à-faux; il est donc sujet à des vibrations et son arbre tend à produire l'ovalisation de ses coussinets; enfin, le montage des pièces de grand diamètre est souvent pénible, quelquefois dangereux, et le centrage est toujours long.

Dans les tours verticaux, au contraire, le plateau, qui est horizontal, supporte la pièce à plat, sans porte-à-faux, et l'usure des coussinets de l'arbre peut être compensée sans modifier la position centrale de l'axe, le montage des pièces est facile et le centrage rapide. Il suffit même, pour effectuer cette dernière opération, de placer sur le plateau du tour la pièce à centrer et de mettre dans un porte-outil une molette à axe horizontal, puis de faire doucement tourner le plateau et avancer la molette, en l'appuyant légèrement contre la surface de la pièce à centrer; après quelques tours de plateau, la pièce s'est centrée d'elle-même et on n'a plus qu'à la fixer. Enfin, le tour vertical se prête mieux que le tour horizontal à l'action simultanée de plusieurs outils et permet d'abréger la durée du travail.

Différents spécimens des tours en question étaient exposés, dans la section américaine, par la Bullard Machine Tool Company, la Niles Tool Works Company, la Pond Machine Tool Company, MM. Warner et Swasey; dans la Grande-Bretagne, par MM. Smith et Coventry et M. Richards; en Allemagne, par la Société alsacienne de constructions mécaniques; en Belgique, par MM. Fétu et Defize; en Autriche, par la société « Vulkan »; en France, par les usines Bouhey et par M. Vautier.

Tous présentent en général le même aspect extérieur. Un bâti supporte, d'une part, le plateau circulaire horizontal rotatif, sur lequel on fixe la pièce à travailler, et, d'autre part, deux montants verticaux sur lesquels peut glisser une traverse horizontale. Un ou plusieurs chariots sont disposés sur cette traverse, le long de laquelle ils possèdent un mouvement automatique de va-et-vient; ils reçoivent les porte-outils qui peuvent s'incliner d'un angle quelconque à droite et à gauche et monter ou descendre automatiquement. Par la combinaison de ces divers mouvements, les outils sont susceptibles de prendre

toutes les positions nécessitées par le travail : perçage, alésage et tournage cylindrique et conique, dressage et parfois filetage, etc.

Les diamètres des plateaux des tours qui figuraient à l'Exposition varient de 0 m. 700 (Richards) à 3 mètres (Bouhey). Mais il existe des tours verticaux, dits à *extension,* dont

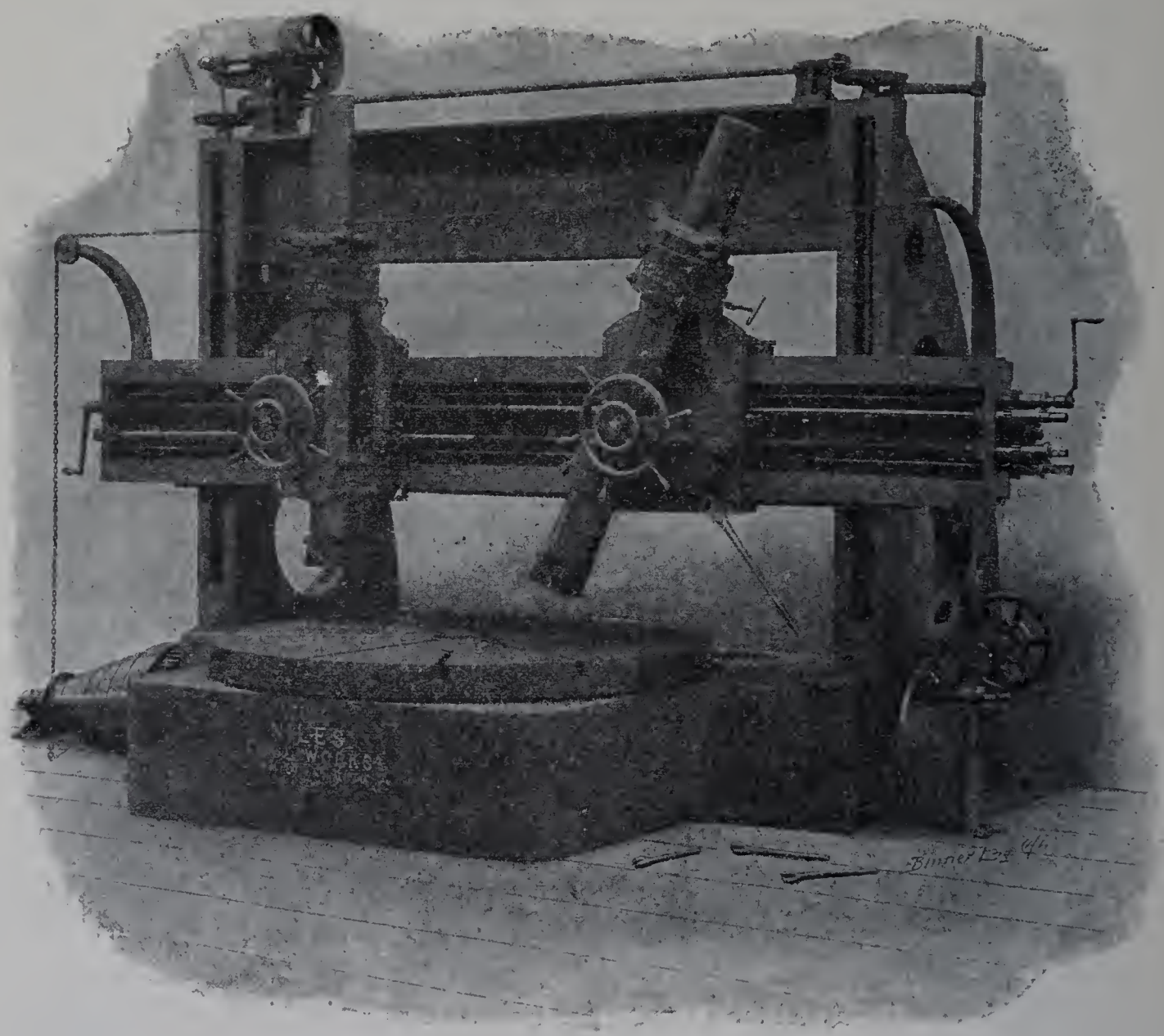


Fig. 25. — Tour vertical Niles de diamètre 2 m. 440.

les montants peuvent être poussés en arrière et qui sont susceptibles de tourner des pièces jusqu'à 9 mètres de diamètre (Niles). Quant aux tours de petit diamètre, 1 mètre environ et au-dessous, ils ont leur traverse généralement fixe et venue de fonte avec le bâti, et ne posèdent qu'un seul porte-outil, souvent remplacé, d'ailleurs, par une tourelle verticale munie de quatre outils.

Plateau. — Le plateau circulaire des tours verticaux est organisé pour recevoir la pièce à travailler, comme le plateau des tours horizontaux (plateau à rainures avec griffes de serrage ou plateau centrant automatiquement par le serrage simultané des griffes [Société Alsacienne, Warner et Swasey, Bullard]). Il est monté sur un arbre ver-

tical, qui tourne dans deux coussinets généralement cylindriques avec rattrapage de jeu et repose par sa périphérie sur un chemin circulaire. Mais, dans les tours puissants, la plupart des constructeurs se réservent, pour les travaux légers, la possibilité de soulever le plateau et de le faire tourner à la volée en supportant l'extrémité de l'arbre.

Dans les tours Niles, le plateau repose pour les gros ouvrages sur un guide plan annulaire du plus grand diamètre possible, qui en assure la stabilité, et, pour les petits

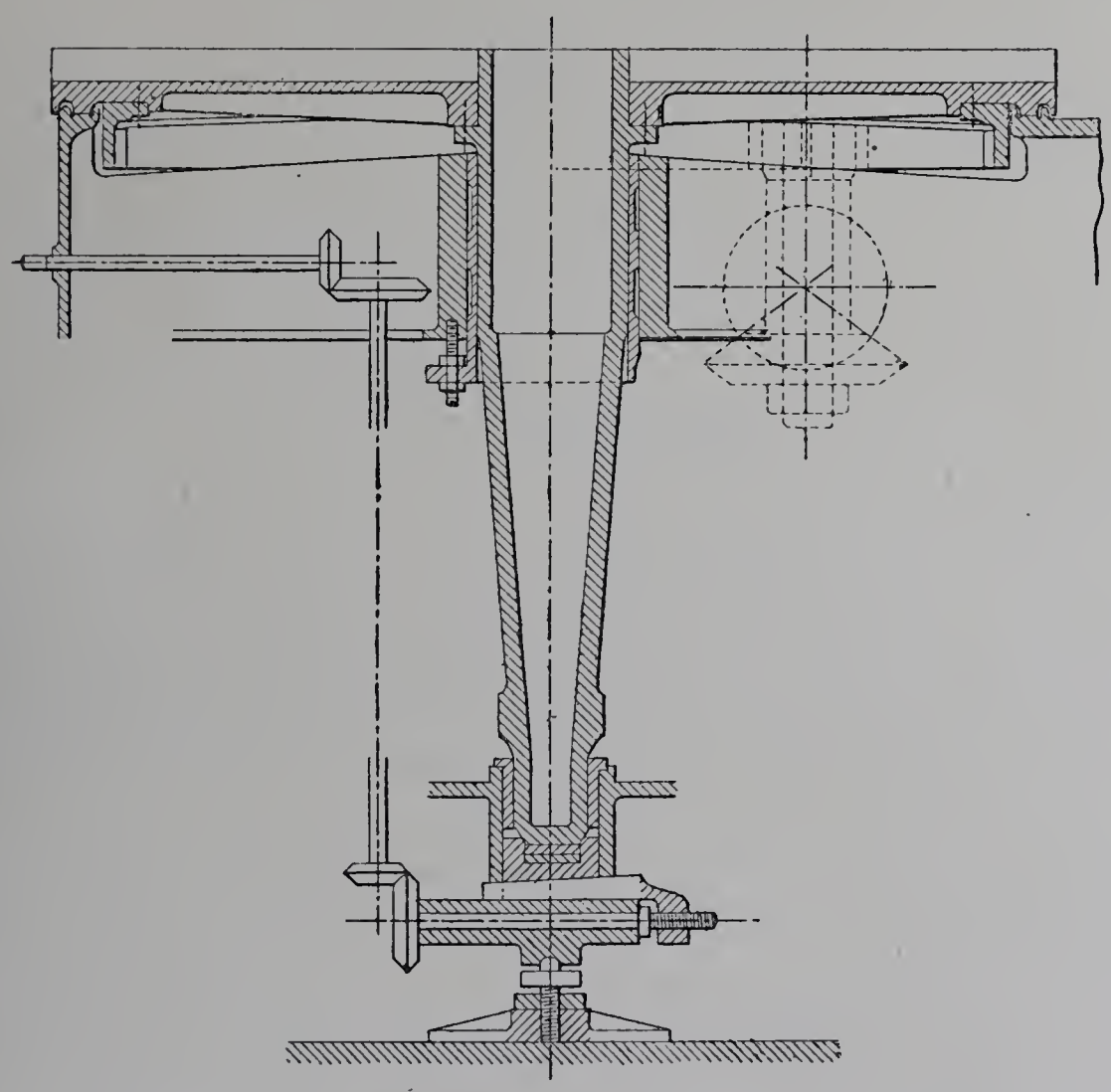


Fig. 26. — Tour vertical de la Niles Tool Works Company (coupe par l'axe).

ouvrages, sur une crapaudine en bronze qui soulève son axe par un coin manœuvré de l'extérieur. Pour éviter toute tendance au soulèvement, le mouvement de rotation est transmis au plateau au moyen d'une couronne dentée verticale, située en dedans du chemin circulaire.

Les tours Pond et Fétu-Defize présentent à peu près les mêmes dispositions; le tour Bouhey, de 3 mètres de diamètre, qui possède également la faculté de tourner à la volée sur crapaudine, a son plateau muni de deux couronnes dentées verticales entre lesquelles se trouve le chemin de roulement; on double ainsi la combinaison des vitesses suivant que l'une ou l'autre des couronnes dentées est commandée. MM. Smith et Coventry obtiennent la montée ou la descente du plateau au moyen d'une vis sans fin engrenant avec un pignon qui forme boîte au coussinet inférieur, au fond duquel se

trouve la crapaudine annulaire; par ces dispositions, l'arbre du tour peut être percé de part en part.

Les tours Bullard, au contraire, ne comportent pas de disposition pour pouvoir tourner à la volée; le plateau reçoit sa commande par un engrenage conique et repose sur

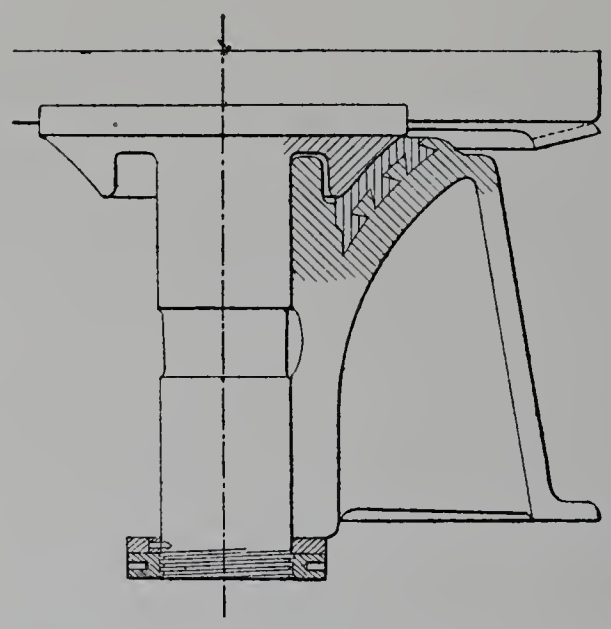


Fig. 27. — Tour vertical de la Bullard Machine Tool Company (coupe par l'axe).

une glissière convexe en arc de cercle munie d'anti-friction, d'un diamètre inférieur à celui de la couronne dentée; mais alors l'arbre vertical, qui est d'un fort diamètre, est épaulé, sous le coussinet inférieur, par une rondelle de frottement maintenue par un écrou, de façon à résister à la tendance au soulèvement.

On retrouve à peu près les mêmes dispositions dans les tours Vautier, dans les tours Bouhey de 1 m. 50 et, en général, dans les tours de petit diamètre. Parfois, le chemin de roulement est en forme de V renversé (Bouhey, 1 m. 50) ou en forme de cuvette (Bouhey, 0 m. 780, Richards) et l'épaulement destiné à empêcher le soulèvement est placé sous le coussinet supérieur, de façon à rapprocher le plus possible les deux appuis longitudinaux de l'arbre. Le plateau, dans les tours de ce type, n'étant pas susceptible d'être soulevé, certains constructeurs adoptent un coussinet supérieur conique (Bouhey, 1 m. 50, Société Alsacienne).

Poupée. — La poupée de commande est généralement située près de terre derrière le plateau du tour; elle est commandée au moyen d'un cône à étages, muni d'un double ou d'un triple harnais d'engrenages; elle transmet le mouvement à tous les organes : plateau et porte-outils.

Porte-outils. — La traverse horizontale, qui porte les chariots porte-outils, monte ou descend sous l'action de deux vis verticales qui sont commandées par un train d'engrenages actionné à la partie supérieure; elle peut être immobilisée et bloquée en un point quelconque de sa course; dans les modèles moins puissants, elle est généralement com-

mandée à la main; dans les modèles les plus petits, elle est fixe, sauf dans les tours de 0 m. 75, de MM. Warner et Swasey.

Les mouvements d'avance des chariots sur la traverse sont commandés indépendamment l'un de l'autre par une tige verticale généralement mue par le frottement de son galet sur un plateau de friction, qui reçoit sa commande de la poupée. Dans les tours Niles, le serrage de la friction peut être réglé à volonté; dans le tour Bouhey de 3 mètres, les arbres verticaux reçoivent leur commande de cônes montés sur la poupée.

Les chariots porte-outils peuvent s'incliner au moyen d'une roue à rochet et d'une vis sans fin. Quant aux porte-outils, ils sont en général de forme hexagonale, quelquefois de forme rectangulaire (Pond); une face étant taillée en crémaillère, ils peuvent prendre un mouvement automatique vertical, et sont équilibrés.

Nous avons vu que les tours de petit modèle, 1 mètre environ de diamètre de plateau et au-dessous, ne possédaient généralement qu'un seul porte-outil, qui souvent est remplacé par une tourelle verticale munie de quatre outils. Cette tourelle peut parfois prendre quatre positions intermédiaires (Richards), soit en tout huit positions. Certains modèles (Bullard) sont disposés pour fileter; dans ce cas, une tête de cheval est interposée dans la commande.

Dans son petit modèle de tour vertical à revolver, M. Richards, au lieu de placer la table rotative dans l'axe même du bâti, la dispose de côté; il peut ainsi réduire le porte-à-faux nécessaire pour que les outils atteignent le centre de cette table et faire en sorte que la poussée de l'outil ne s'exerce pas loin de l'axe de symétrie du bâti, lorsqu'on tourne une pièce du plus grand diamètre possible.

MM. Warner et Swasey, pour éviter l'effort de torsion du plateau dans leur tour de 0 m. 75, placent la ligne des centres de la roue de commande et du pignon, qui sont verticaux, dans la direction de la ligne de travail du burin.

III. TOURS HORIZONTAUX À OUTILS MULTIPLES.

DÉVELOPPEMENT DES TOURS À OUTILS MULTIPLES.

Les tours à outils multiples, destinés au travail en série, sont de construction relativement récente; ils portent le nom de machines à décolleter ou de tours à revolver, suivant qu'on envisage le genre de travail auquel ils s'adressent ou la façon dont leurs outils sont supportés. Les premiers modèles, qui étaient plus spécialement disposés pour le décolletage des vis dans la barre, datent d'une trentaine d'année. En 1889, leur emploi s'était étendu au décolletage et au façonnage de pièces de plus grandes dimensions, mais si certains de leurs mouvements étaient obtenus mécaniquement, les types pourvus de dispositions complètement automatiques dans le travail successif des différents outils

et l'alimentation des pièces à mettre en œuvre étaient encore limités à la fabrication des vis.

Depuis une dizaine d'années, divers modèles de tours à revolver ont été étudiés, comme le tour de Hartness, en vue du décolletage de pièces de fort diamètre et de grande longueur, ou, comme les tours Conradson et Gisholt, pour le façonnage de fortes pièces, poulies, manchons, etc. De plus, certains constructeurs, M. Herbert en particulier, ont appliqué le principe des machines à vis automatiques au décolletage des pièces d'un plus grand diamètre : boulons, poignées, manivelles, etc.; d'autres, MM. Pratt et Whitney, l'ont étendu à l'usinage des volants de machines à coudre et des objets similaires.

L'Exposition de 1900 nous offre tout un ensemble de tours qui se prêtent bien au travail exécuté en série sur des pièces exigeant une suite d'opérations de perçage, alésage; tournage, filetage, etc. La plupart sont surtout disposés pour le décolletage dans la barre, mais alors que les uns confectionnent de très petites pièces, telles que des vis d'horlogerie, d'autres décollettent des pièces qui peuvent atteindre 0 m. 08 de diamètre et 0 m. 60 de longueur; certains se prêtent au façonnage de pièces fondues, coulées ou forgées dont le diamètre dépasse parfois 0 m. 80. Les uns sont actionnés à la main, les autres sont en partie automatiques, d'autres enfin sont complètement automatiques, et le rôle de l'ouvrier se borne alors à l'alimentation du magasin et à la surveillance de la marche de la machine. L'outil de tournage est tantôt un simple morceau d'acier découpé dans la barre, tantôt un outil de forme, spécialement façonné pour la reproduction d'un grand nombre d'objets.

La facilité de construction de l'outillage et la rapidité du réglage de la machine varient suivant le modèle qu'on emploie; le choix du type le plus convenable à adopter en vue d'une fabrication déterminée dépend donc de la forme et de la dimension des objets et du nombre de pièces à confectionner.

MACHINES À DÉCOLLETER ET TOURS À REVOLVER À AXE VERTICAL.

Dispositions générales. — MM. Cohendet et Legras-Langelier présentent des spécimens des machines à décolleter les plus simples et les plus anciennes. Sur une barre rectangulaire sont montés : une poupée à arbre creux, un support fixe avec chariot transversal à deux outils opposés pour saigner, dresser les tranches ou faire un profil, et un support d'outil à décolleter mobile longitudinalement au moyen d'un levier. Au support fixe sont reliés un ou deux leviers à bascule pouvant couper ou moletter.

Dès 1873, les tours à revolver ont commencé à se substituer aux précédents. Ils comprennent, en général, les parties essentielles suivantes : une poupée avec cône à étages munie ou non de harnais d'engrenages, un arbre creux et un mandrin à coussinets; un support de chariot transversal à main et parfois automatique pour saigner, faire des gorges ou des profils; une semelle qui se fixe sur le banc, avec chariot longitudinal mû à la main ou mécaniquement et portant un barillet à axe vertical percé sur son pourtour de trous pour le placement des outils.

Le changement d'outil se fait automatiquement par rotation du barillet, pendant le recul du chariot, sous l'action d'une butée fixe qui agit sur une noix concentrique à l'axe du barillet; en même temps, un verrou conique se dégage d'un trou ou d'une encoche du barillet, pour le libérer, et vient ensuite le ressaisir en rentrant dans un nouveau logement.

On superpose parfois au chariot inférieur un chariot transversal qui donne la possibilité de déplacer le barillet normalement à l'axe du tour et permet la suppression du support du chariot transversal. Au lieu de placer le barillet directement sur ce deuxième chariot, on peut interposer un plateau pivotant et deux chariots rectangulaires, au moyen desquels on peut donner aux outils tout degré d'inclinaison dans un plan horizontal et tourner conique (Bariquand, Huré).

Pour le tournage conique, les tours à revolver sont parfois munis d'une disposition spéciale : une règle-guide, qui peut être inclinée à volonté, est placée sur une des faces du tour. La vis transversale du chariot est reliée au coulisseau de la règle de telle façon que le chariot longitudinal, en cheminant, produit simultanément un déplacement transversal de l'outil, donnant un cône sur la pièce semblable à celui de la règle guide (Pratt et Whitney, Société Alsacienne).

Certains constructeurs, dans le but d'augmenter la stabilité de la machine et d'éviter les vibrations, font venir de fonte la poupée avec le banc (Bariquand, Huré, Brown et Sharpe, Ward, Warner et Swasey); d'autres, pour la facilité de la construction, la rapportent et la fixent sur le banc au moyen de boulons (Ducommun, Société Alsacienne, Droop et Rein, Pittler, Herbert, Pratt et Whitney, Kendall et Gent, Smith et Coventry). Les pieds sont généralement rapportés quand la poupée est de pièce avec le banc; ils sont, au contraire, de pièce avec le banc quand la poupée est rapportée.

La plupart des constructeurs font cylindriques les tourillons de l'arbre principal; certains les encastrent dans des coussinets en deux parties serrées par des chapeaux (Ducommun, Ward, Pratt et Whitney), d'autres les font tourner dans des bagues extensibles coniques extérieurement à rattrapage de jeu (Bariquand, Brown et Sharpe, Progrès industriel); le tourillon voisin du nez est généralement épaulé de part et d'autre de son coussinet et le reste de l'arbre peut se dilater en toute liberté, si des échauffements viennent à se produire. Quelquefois on fait conique le tourillon voisin du nez et on l'emboîte dans une bague en bronze phosphoreux (Huré) ou dans une coquille d'une seule pièce en acier trempé, avec épaulement vers le nez, bague et écrous de serrage de l'autre côté (Bariquand).

Primitivement, les tours à revolver n'étaient munis que d'une seule butée pour limiter la course du chariot porte-barillet dans toutes les opérations du décolletage; cette disposition obligeait à régler avec soin la saillie de chaque outil sur son porte-outil et du porte-outil sur la tourelle. Des modèles plus complets portent aujourd'hui des butées multiples indépendantes pour chaque outil. Ces butées peuvent être disposées sur une barre horizontale qu'on fait tourner à la main (Société Alsacienne) ou qui tourne automatiquement en même temps que le barillet (Warner et Swasey), ou sur un petit pla-

teau à rotation automatique autour d'un axe horizontal (Ducommun); elles sont quelquefois constituées par des vis montées sur un pivot horizontal autour duquel elles peuvent tourner, de façon à agir ou à s'effacer (Kendall et Gent).

Les mêmes dispositions peuvent s'appliquer à l'arrêt du mouvement du chariot transversal.

Filetage et taraudage. — Les tours à revolver sont généralement disposés pour fileter et tarauder les pièces qu'ils façonnent. A cet effet, on peut employer des filières et des tarauds qu'on monte sur des porte-outils qui se déclenchent automatiquement et deviennent fous quand ils rencontrent une résistance, butée ou épaulement de la pièce même; le retrait de l'outil s'opère par un changement de marche, dont le système consiste habituellement dans le remplacement du cône de commande par trois poulies, dont deux fixes et une folle, avec deux courroies, dont une est croisée. Le porte-filière, ou porte-taraud à déclenchement, employé par la plupart des constructeurs (Bariquand, Brown et Sharpe, Pratt et Whitney, etc.), présente généralement les mêmes dispositions.

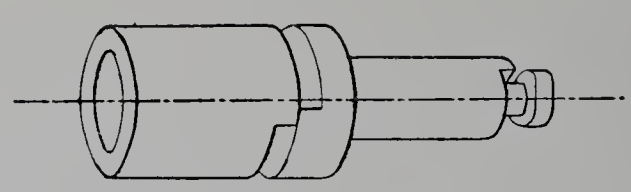


Fig. 28. — Filière à déclenchement.

La filière ou le taraud est fixé dans un manchon prolongé par une queue qui s'engage dans un tube porte-outil fixé dans un des trous de la tourelle. Le manchon peut s'enclencher par deux crans avec le tube, soit à l'avant pour le taraudage dans le mouvement d'avance, soit à l'arrière pour le détaraudage dans le mouvement de recul. Entre ces deux positions, le manchon peut être fou sur le tube et tourner avec la pièce, au moment du changement de marche.

MM. Pratt et Whitney montent sur le porte-filière une filière fendue, réglable dans une certaine mesure par le serrage d'un collier. Les fentes sont pratiquées après la con-

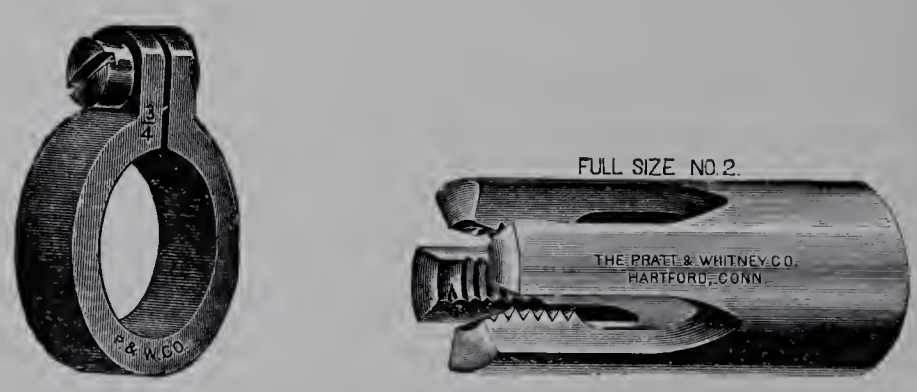


Fig. 29.

struction de la filière, et l'affûtage est effectué à l'aide d'une meule sur le devant des filets dans les rainures.

On peut également fixer sur le barillet les filières ouvrantes des différents systèmes « Tucker », « Geometric Drill », etc., dont les peignes s'ouvrent quand le filetage a atteint la longueur désirée, et éviter ainsi le changement de marche de la machine pour le dégagement. Dans la « Geometric Drill » les peignes peuvent se mouvoir perpendiculairement à l'axe sous l'action de la rotation de cames en forme de rampe; ces cames sont portées par un manchon intermédiaire interposé entre la queue et la tête du porte-filière. Lorsque l'arrêt du barillet se produit, le manchon porte-cames se dégage progressivement de son arrêt sur la queue du porte-filière et devient libre; il est alors soumis à l'action d'un ressort en spirale qui lui imprime un mouvement de rotation jusqu'à l'arrêt sur une butée fixe de la queue; les rampes font alors mouvoir les filières dans leur logement de la tête et les font ouvrir; pour la fermeture, il suffit d'imprimer au manchon un mouvement de rotation en sens inverse, au moyen d'une poignée, jusqu'à l'arrêt de la butée correspondante. De plus, on peut successivement faire agir les deux faces de cette butée, l'une correspondant à l'ébauchage du filet, l'autre au finissage.

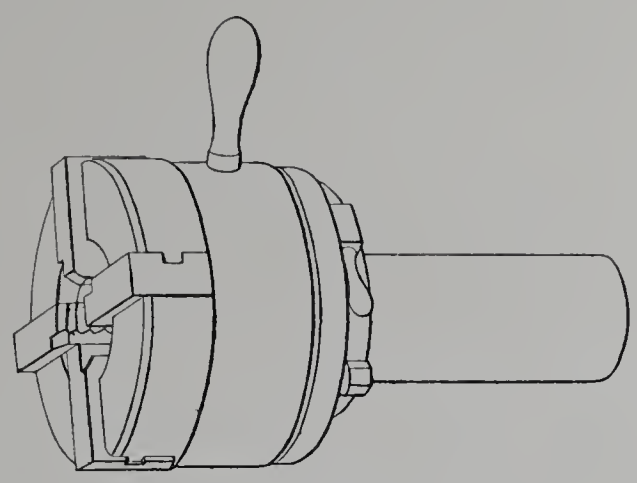


Fig. 30.

Dans la filière *Tucker* (Pratt et Whitney), l'ouverture ou la fermeture des peignes est obtenue par leur articulation autour d'un point fixe; à cet effet, un manchon cylindrique, qui porte à son extrémité un cône rapide, peut se déplacer le long du porte-filière; la position de fermeture est obtenue, lorsque la partie arrière des leviers articulés

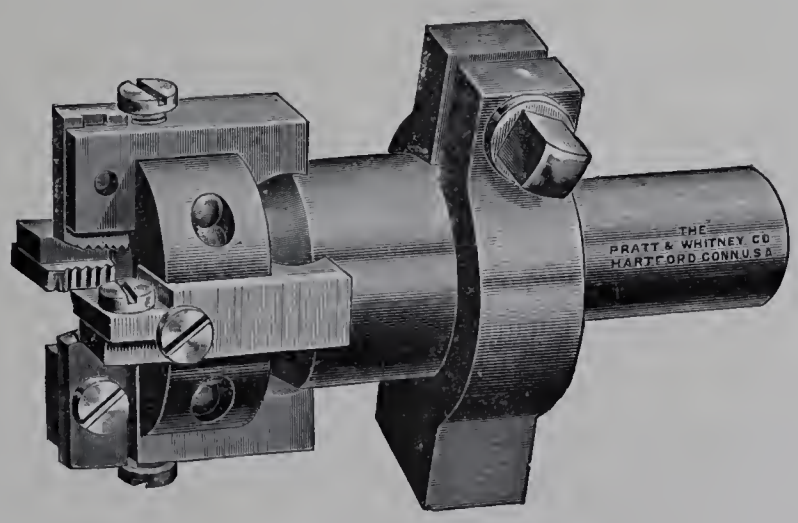


Fig. 31.

est montée sur la partie cylindrique après avoir gravi le cône du manchon; la position d'ouverture, lorsque, le manchon n'étant plus en contact avec les leviers, des ressorts placés sous ces leviers les forcent à s'infléchir. L'ouverture se produit, si le manchon est retardé dans son mouvement d'avance par une butée sur un point fixe en même temps que la filière continue à avancer; la fermeture, si, par la rotation de la tourelle, le man-

IMPRIMERIE NATIONALE.

chon est forcé de gravir une rampe fixée à l'arrière du chariot et de reprendre ainsi sa position première.

MM. Smith et Coventry et MM. Kendall et Gent montent sur le chariot, en dehors du barillet, un porte-filière à serrage ou desserrage simultané des peignes; pour le taraudage, on amène le porte-filière suivant l'axe du tour; le desserrage des peignes après le taraudage permet de reculer le chariot à la main; on peut, avec ce genre de filières, faire le taraudage en plusieurs passes, en rapprochant les peignes de plus en plus.

Un procédé très employé pour le filetage des pièces de dimensions moyennes consiste à munir les tours de barres de filetage avec outil simple ou en forme de peigne, prenant appui par un secteur d'écrou sur une vis-mère concentrique à l'arbre. On donne du fer à l'outil à chaque passe de filetage; à cet effet, on le dispose sur un petit chariot que l'on avance à l'aide d'une vis ou d'un excentrique adapté au levier de manœuvre de la barre. On peut, par cette disposition, faire des filetages coniques tout en utilisant une vis-mère cylindrique; on fait appuyer le levier porte-outil sur une règle inclinée par une touche comprise avec l'outil dans un plan normal à l'axe du tour.

La Société Alsacienne utilise cette disposition dans un tour à revolver pour entretoises en cuivre; le patron fileté est porté par l'arbre du tour entre les deux coussinets de la poupée. L'outil, en forme de peigne, est constitué par une portion de taraud dont on a détruit un secteur pour former le taillant.

Lorsqu'il s'agit de fileter des pièces de fortes dimensions ou quand on veut prolonger le filet jusqu'à un épaulement, on peut, comme dans les tours ordinaires, se servir d'une vis-mère qui commande l'avance du chariot et reçoit sa commande de la broche par l'intermédiaire d'engrenages de rechange (Pratt et Whitney) ou d'une vis-mère avec disposition Norton-Hendey (Vulcan, Wolseley).

Dans les tours Herbert, le mouvement de filetage est également donné au moyen d'une courte vis qui peut être rapidement changée selon les différents pas. Cette vis est commandée par la poupée au moyen d'un mécanisme d'engrenages permettant d'obtenir quatre pas avec la même vis. L'écrou qui s'applique sur la vis-mère est fixé sur une glissière solidaire du chariot porte-outil, de sorte que, lorsque l'écrou quitte la vis-mère, le burin est simultanément dégagé de la pièce, et, lorsque l'écrou est remis en contact avec la vis-mère, le burin est remis simultanément en position.

Outils et porte-outils. — La tourelle des tours à revolver est percée de trous cylindriques, qui peuvent recevoir la queue des différents porte-outils ou directement parfois la queue des outils droits, forets, alésoirs, etc.

Pour le décolletage, tournage, etc., l'outil est un burin formé d'un morceau d'acier tréfilé qu'on affûte sur le devant et qu'on loge dans une mortaise du porte-outil en le fixant, à l'aide de vis, directement ou par le moyen d'une plaquette intermédiaire.

Le porte-outil est disposé de façon que l'outil travaille sur le côté comme dans les tours ordinaires. Parfois il est coudé et ne porte qu'un seul burin, d'autres fois il affecte la forme d'un cadre et supporte deux burins diamétralement opposés l'un à l'autre, entre

lesquels passe la barre qui est ainsi décolletée au diamètre convenable; on peut également employer avec avantage des outils groupés dans un même porte-outil; la distance respective de chacun d'eux et leur saillie peuvent être réglées de façon à pouvoir tourner des profils variés; un coussinet en forme de V supporte la pièce du côté opposé et fait l'office de lunette à suivre (Brown et Sharpe, Pratt et Whitney).

Pour décolleter des pièces de petit diamètre, on peut employer des fraises extensibles serrées au diamètre convenable au moyen d'une bague (Pratt et Whitney, Bariquand); les dents de la fraise travaillent en bout, en laissant passer au centre la tige tournée. MM. Brown et Sharpe emploient pour le même travail des fraises creuses à dents rapportées.

On peut également disposer sur le chariot transversal ou sur le revolver des outils de forme invariable, plans ou circulaires. Les outils plans sont taillés de façon qu'en affûtant toujours suivant un plan parallèle à la base, on donne constamment le même profil au taillant; les outils circulaires sont tournés à un profil tel qu'une section opérée à une distance déterminée du centre donne à la fois la coupe et la section convenables à l'outil. En faisant constamment ensuite l'affûtage dans les mêmes conditions, on sera assuré de reproduire toujours la même forme (Pratt et Whitney, Société Alsacienne, etc.).

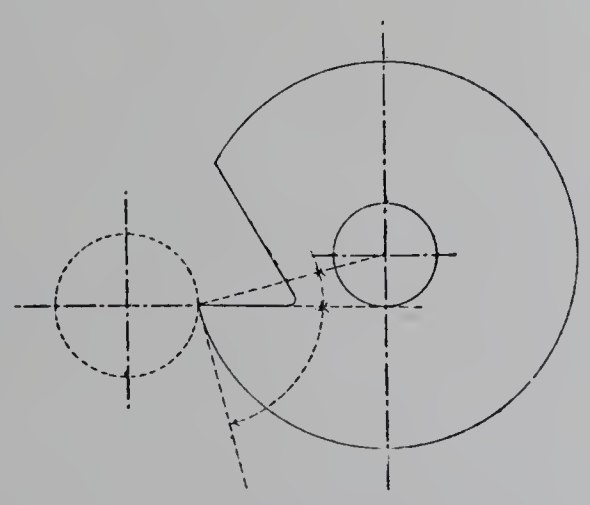


Fig. 32.

Sur le chariot transversal, le porte-outil est fixé par une semelle au moyen de boulons à T qui s'engagent dans des rainures. MM. Pratt et Whitney construisent un porte-outil pivotant sur lequel peuvent être fixés deux outils de forme différente; ils disposent également sur le même chariot deux porte-outils pour outils de forme, qui se montent l'un à l'avant, l'autre à l'arrière du chariot, le dessus de l'outil dans le premier et le dessous dans le second se trouvent à hauteur de l'axe de la broche de la machine; un outil à moletter peut être également fixé sur le chariot transversal; il est à charnière et peut être relevé quand il ne travaille pas; il peut ainsi être employé en même temps que d'autres outils.

Pour le décolletage du cuivre, et en général des métaux mous, MM. Warner et Swasey, emploient un outil dont la face coupante supérieure a la forme même de la pièce à travailler et dont le devant est incliné à 45 degrés de façon à attaquer progressivement la matière; cet outil dont la forme du dessus peut être donnée à la fraise et n'est pas altérée par l'affûtage sur le devant est fixé sur un porte-outil transversal spécial, qui tourne autour d'un axe parallèle à l'axe du tour et peut recevoir l'inclinaison convenable; en passant sous la pièce, il en effectue le tournage à la forme et au diamètre voulus.

Serrage et desserrage automatique des pièces, avance automatique de la barre. — Dans les tours à revolver, la barre ou la pièce à travailler est saisie par un mandrin

de serrage à coussinet ou *Chuck*. Les coussinets peuvent être manœuvrés indépendamment les uns des autres ou concentriquement.

MM. Kendall et Gent ouvrent l'arbre creux sur le côté, dans la partie comprise entre les deux collets, de façon à permettre l'introduction entre les coussinets du mandrin des boulons et autres pièces dont la tête a été forgée; les coussinets sont serrés par un chapeau conique intérieurement qui se visse sur le nez du tour. Le serrage s'obtient au moyen d'une vis sans fin montée sur un support excentré; cette vis peut venir engrener avec la denture fraisée sur la surface du chapeau. Pendant qu'on agit sur la vis sans fin pour produire le serrage, on immobilise l'arbre au moyen d'un verrou qu'on engage dans son ouverture.

Pour le travail de robinetterie, MM. Warner et Swasey construisent un mandrin spécial qui peut aisément s'ajuster sur le nez d'un tour revolver. Ce mandrin, destiné à tenir

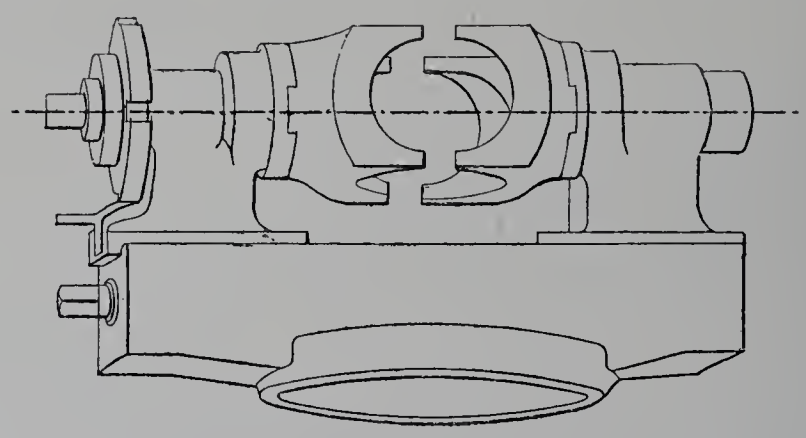


Fig. 33. — Mandrin tournant à mâchoire.

les pièces qui présentent plusieurs côtés sur lesquels on doit travailler, porte sur sa face une coulisse en queue d'aronde, dans laquelle glissent deux mâchoires qu'on peut ouvrir ou fermer au moyen de vis à pas contraires; ces mâchoires portent chacune un emprunt taillé de façon à épouser la forme de la pièce à travailler; elles peuvent tourner autour de leurs tourillons et prendre quatre positions à 90 degrés déterminées au moyen d'un diviseur.

Dans le travail de décolletage, le temps nécessaire à l'arrêt de la machine, au desserrage, à l'avance et au serrage de la barre est souvent une importante fraction du temps nécessaire à la confection de la pièce elle-même; on peut donc augmenter considérablement le rendement de la machine par l'adjonction d'un dispositif permettant de faire rapidement et automatiquement ces différentes opérations. On arrive ainsi aux machines dites *semi-automatiques*.

La plupart des constructeurs se sont efforcés, depuis 1889, de perfectionner dans ce sens leurs machines à décolleter; l'Exposition nous offre une grande variété de dispositions plus ou moins nouvelles dans lesquelles le mécanisme de serrage et le mécanisme d'avance fonctionnent par la manœuvre d'un même levier situé à l'extérieur.

Le serrage de la barre peut être obtenu soit par un mandrin à ressort, formé d'une bague fendue conique extérieurement qui, par son appui sur un manchon de même

forme intérieure, serre la barre ou la laisse passer librement, soit par un mandrin constitué par des mâchoires mobiles qui se déplacent perpendiculairement à l'axe et viennent simultanément prendre appui sur la barre (Bariquand, Huré). Le premier système exige l'emploi de barres d'acier étiré, le deuxième se prête mieux au serrage des barres brutes.

Dans le premier cas, l'appui des deux surfaces coniques peut être assuré par la butée à l'arrière de l'une des deux pièces, mandrin ou manchon, sur la tête d'un levier coudé (Brown et Sharpe, Pratt et Whitney, Richter, Pearson, Warner et Swasey, Progrès industriel), ou sur le plan incliné d'un cadre mobile (Pittler), ou encore par l'arc-boutement de leviers à genouillère qui tirent vers l'arrière un chapeau dont le rebord force le cône de la bague à s'enfoncer dans son siège (Wolseley).

Dans le deuxième cas, le serrage de mâchoires mobiles sur la barre est obtenu soit par l'action de vis fixées à des bras de levier, que des plans inclinés forcent à s'infléchir (Bariquand), soit par l'arc-boutement de bielles qui en se redressant viennent faire serrage sur les mâchoires (Huré).

Quant au mécanisme d'avance, il fonctionne au moment du desserrage, et l'amplitude du mouvement est généralement réglée par une butée disposée sur la tourelle.

Le plus simple consiste en un poids qui, relié à la barre par une corde, l'entraîne jusqu'à la rencontre de la butée (Progrès industriel); le poids peut être avantageusement remplacé par un ressort à boudin; le levier de manœuvre pendant l'ouverture des coussinets tend le ressort qui se détend ensuite en entraînant la barre (Pearson). Dans les tours Pratt et Whitney, le levier dans son mouvement d'ouverture entraîne à la fois une crémaillère et un coulisseau, dont les dents sont en prise par leurs faces verticales; le coulisseau pousse un taquet relié à la tringle et par suite la tringle elle-même; dans le mouvement inverse, pour la fermeture, la crémaillère glisse par la face oblique de ses dents sur la face correspondante des dents du coulisseau et revient à sa position primitive sans entraîner cette dernière pièce qui reste en position pour recommencer l'alimentation à l'opération suivante. Une disposition analogue se retrouve dans les tours Richter et Warner et Swasey.

La barre peut encore être pincée par l'extrémité d'un tube, que le mécanisme d'ouverture fait porter en avant. Après la fermeture, on ramène en arrière le tube dont la pince glisse sur la barre (Bariquand).

Dans les tours Brown et Sharpe, la barre est également transportée par une pince de serrage; mais le mouvement de desserrage, l'avance et le resserrage de la barre sont obtenus automatiquement et instantanément dès qu'on touche un levier de manœuvre ou qu'on ramène le chariot transversal en arrière. Dans ce mouvement, on produit l'embrayage d'un arbre qui porte deux rampes, l'une de commande du levier de serrage et de desserrage de la barre, l'autre de commande du levier d'avance du tube porte-pince; la disposition des rampes est telle que les mouvements se succèdent en temps utile et que la barre avance de la quantité convenable sans butée. Après avoir fait un tour, l'arbre se débraye de lui-même et le décolletage peut recommencer.

La pince peut être remplacée par deux billes actionnées par des ressorts à boudin qui sont renfermés dans des conduits inclinés; ces conduits font partie d'un coulisseau qu'on peut déplacer au moyen d'un pignon et d'une crémaillère. Quand on pousse le coulisseau dans le sens de l'alimentation, les billes, sous l'action des ressorts, tendent à coincer

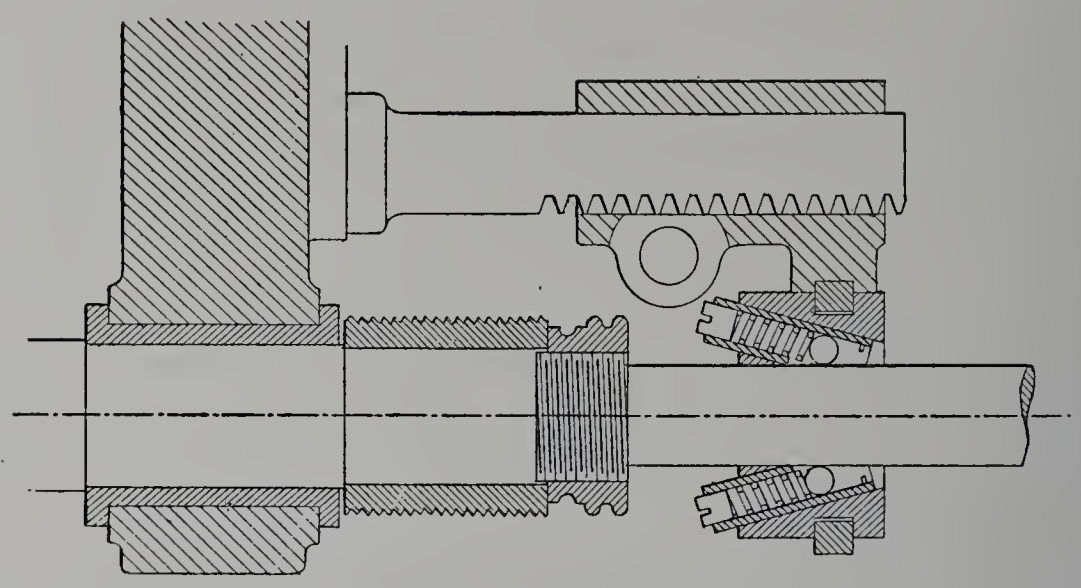


Fig. 34. — Mécanisme d'avance de la barre (Pittler).

la barre et l'entraînent; quand on ramène en sens inverse le coulisseau au point de départ, les billes tendent à comprimer les ressorts et glissent simplement sur la barre (Pittler).

L'avancement de la barre peut encore être obtenu par trois galets en acier placés dans des chapes dont le réglage se fait par des vis manœuvrées de l'extérieur. Ces galets sont solidaires de pignons engrenant avec d'autres pignons placés sur l'axe d'oscillation des chapes et actionnés par une couronne taillée en spirale. Lorsque le levier a opéré le desserrage du mandrin, un bras horizontal agit sur un frein qui produit l'arrêt de la couronne taillée en spirale, et, comme le tour continue à tourner, les pignons sont mis en mouvement et les galets entraînent la barre (Huré).

Dans le tour à revolver à axe horizontal, système Austin, exposé par la Wolseley, la barre avance également sous l'action de deux rouleaux diamétralement opposés qui agissent par friction. Chacun de ces rouleaux est solidaire d'une roue engrenant avec une vis sans fin calée sur l'axe d'un petit pignon, qui est actionné par une roue droite fixée à l'intérieur d'un tambour. Lorsque le levier a opéré le desserrage de la barre, une tringle qui lui est fixée agit sur une bande métallique qui fait frein sur le tambour et l'immobilise; les petits pignons décrivent alors un mouvement planétaire autour de la roue et font tourner les vis sans fin qui commandent les rouleaux. Si la bande de frein est lâche, les petits pignons ne tournent pas sur eux-mêmes et tout l'ensemble participe à la rotation de l'arbre principal.

TOURS À REVOLVER À AXE HORIZONTAL.

Quelques constructeurs, obéissant à des considérations de nature parfois différente, montent le barillet sur un axe horizontal, soit dans le prolongement de la poupée, soit sur le côté, l'axe parallèle ou perpendiculaire à l'axe du tour. Dans tous les cas, le chariot transversal est supprimé et l'outil coupant est placé sur le revolver lui-même.

La fabrique de machines-outils de Leipzig expose une série de tours, système Pittler, dans lesquels le revolver, placé dans le prolongement de la poupée, reçoit jusqu'à 16 outils, dont plusieurs peuvent travailler simultanément.

Sur un arbre parallèle à l'axe sont montés, du côté de la poupée, le barillet qui reçoit les outils et, du côté opposé, un plateau traversé par un même nombre de broches réglables, qui forment butée pour l'outil correspondant. Le mouvement de rotation du barillet pour le changement d'outils s'effectue au moyen d'une vis sans fin qui engrène avec la roue taillée sur son pourtour; un verrou commandé par un levier permet de bloquer le plateau. Lorsque le plateau est libéré, ce mouvement de rotation autour de l'axe remplace le mouvement transversal des autres tours à revolver et permet d'effectuer des travaux de façonnage.

M. Frykmann, M. Richter et la Société alsacienne construisent des tours dont le revolver est placé sur le côté, l'axe parallèle à l'axe du tour. Le barillet est supporté par un chariot transversal qu'on déplace à la main et par un chariot longitudinal qui peut recevoir un mouvement d'avance automatique ou à la main.

Le tour de la Société Alsacienne est commandé électriquement; il admet l'emploi d'une contre-pointe et reçoit des outils circulaires et à section constante. La filière peut être portée rapidement dans l'axe d'une pièce montée entre pointes sans qu'on ait besoin de retirer l'arbre de la poupée mobile; dans ce but, elle est ouverte d'un côté; placée derrière le revolver et sur le même chariot transversal, elle est actionnée par la même vis et amenée dans l'axe, lorsque le chariot vient buter par une saillie contre un taquet. Les coussinets sont écartés ou rapprochés à la main par un levier fixé sur une couronne munie de coulisses excentrées.

Enfin la Wolseley Sheep Shearing Machine C° a récemment construit, sur les données de M. Austin, un tour dont le revolver est également placé sur le côté, mais dont l'axe horizontal est perpendiculaire à l'axe du tour. Par cette disposition, l'ouvrier peut suivre facilement le travail et voir, sans se déranger, les butoirs qui limitent la course de l'outil en prise; les copeaux tombent directement dans la cuvette qui surmonte le socle et ne séjournent pas sur le revolver et sur les surfaces frottantes des chariots.

La poupée motrice est établie suivant le système Hendey-Norton, à roues d'engrenages et de friction pour les changements de vitesse. Le chariot porte d'un côté le revolver, de l'autre un plateau armé d'autant de tiges radiales, formant butoirs, qu'il comporte d'outils. L'un et l'autre sont calés sur un gros tourillon transversal et creux qui porte le pignon de la crémaillère établie au-dessus du banc. Le verrou d'enclenchement est disposé près de la périphérie du plateau-revolver.

Pour les filetages, on peut employer des filières ou disposer de la vis-mère exclusivement réservée à cet usage.

Dans ces différents tours, le desserrage, l'avance et le serrage de la barre s'effectuent au moyen des dispositions dont nous avons parlé précédemment.

TOUR À REVOLVER À TOURELLE PLATE, SYSTÈME HARTNESS.

Les tours à revolver qui, depuis 1889, ont été spécialement étudiés en vue du décolletage dans la barre des pièces de grand diamètre et de grande longueur peuvent se grouper autour du système Hartness, dont le premier spécimen remonte à 1891.

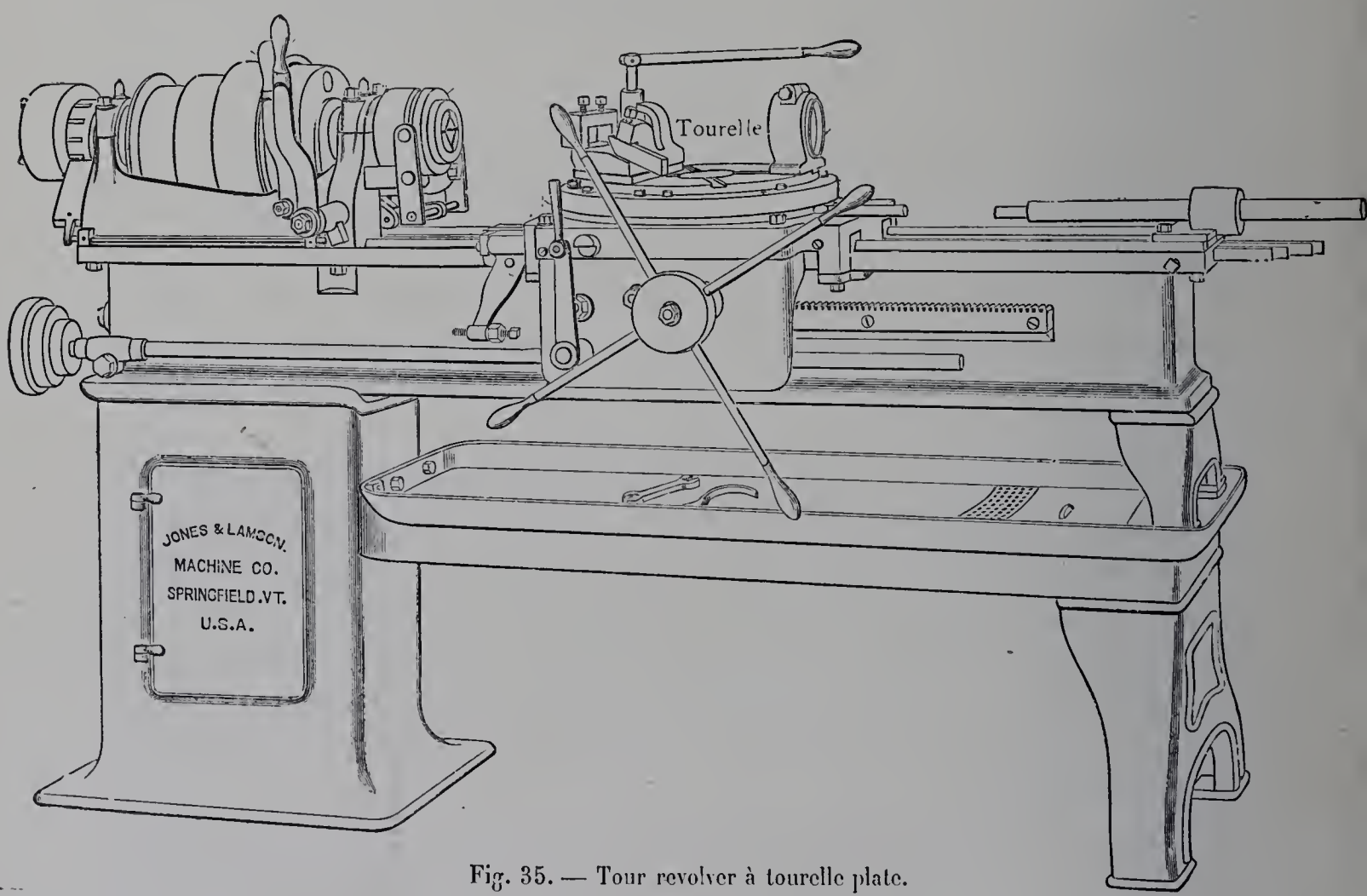


Fig. 35. — Tour revolver à tourelle plate.

Ce tour est construit par MM. Jones et Lamson et par les ateliers de construction mécanique, ci-devant Ducommun. Il permet de travailler des barres brutes rondes, carrées ou polygonales, des boulons, bagues, petits arbres et pièces façonnées jusqu'à 52 millimètres de diamètre et 610 millimètres de longueur. Il est caractérisé par le remplacement du revolver ordinaire par une tourelle plate qui n'encombre pas le dessus du banc et par la forme des porte-outils qui sont boulonnés sur la face même de la tourelle plate et comportent une lunette à suivre pour maintenir la pièce pendant le travail.

Le banc est monté sur une table entourée d'une rigole pour recevoir les copeaux et recueillir l'huile; la poupée fixe porte un cône à trois étages et un double ou triple har-

nais, placés sous le cône, qui donnent les rapports de vitesse 1, 4, 16. Au moyen d'une friction intérieure, manœuvrée par levier, on peut, sans débrayer le renvoi de mouvement, fonctionner soit avec le cône, soit avec le harnais ordinaire; par la manœuvre d'un deuxième levier, on embraye le triple harnais.

L'arbre principal est percé de part en part d'un trou de 54 millimètres de diamètre; ses collets cylindriques sont trempés et rectifiés et tournent dans des coussinets en bronze à rattrapage de jeu. A son extrémité, du côté du nez, est vissé un mandrin à quatre mâchoires à serrage concentrique; à son autre extrémité, se trouve le dispositif d'avance automatique de la barre pendant la marche, manœuvré à l'aide d'un levier placé à l'avant de la poupée. Le serrage et le desserrage de la barre sont solidaires du mouvement d'avance.

Une tourelle plate, constituée par une plaque circulaire, peut recevoir six outils; elle est montée sur une selle basse, qui repose sur deux V du banc au moyen de quatre V renversés dont deux sont réglables et les deux autres peuvent se déplacer latéralement et se plier aux inégalités du parallélisme des V du banc. Elle possède un mouvement longitudinal d'avance automatique ou à la main avec débrayage automatique et indépendant pour chacun des six outils. Elle peut tourner autour d'un pivot vertical et est maintenue en position au moyen d'un piston qui s'engage dans un logement situé directement en dessous de chacun des outils. Lorsqu'on ramène le chariot en arrière au moyen du croisillon, le piston s'abaisse et le déclenchement du revolver se produit; le revolver continuant à reculer tourne par le moyen d'un pignon et d'une crémaillère de l'angle correspondant à l'écartement de deux outils; le piston est alors libéré et vient reclencher le revolver.

L'organe essentiel de l'arrêt automatique du chariot est constitué par une série de barres en nombre égal à celui des outils et terminées par des encoches, dont on peut faire varier la position par le déplacement longitudinal de la barre; le chariot porte une série de cliquets correspondant aux encoches : l'enclenchement des uns dans les autres détermine le déclenchement de la vis de commande de l'avance par basculage autour d'un point fixe.

Le mandrin de serrage est vissé sur le nez du tour. Il porte un évidement conique dans lequel viennent se loger trois ou quatre chiens, suivant la forme de la barre à serrer; un collier enveloppant le mandrin vient agrafer les chiens sur le devant et peut se déplacer suivant l'axe du tour; enfin, un mandrin à gorge, relié par des bielles au levier de commande, recouvre le collier et lui communique son mouvement de va-et-vient au moyen de six cliquets. En ramenant le manchon en arrière, les cliquets prenant appui sur le corps du mandrin entraînent le collier et par suite les chiens et les font rentrer dans le cône du mandrin : les chiens produisent ainsi le serrage de la barre (fig. 36 et 37).

Le desserrage se produit par le mouvement inverse.

L'avancement de la barre est obtenu par le moyen de deux galets dont la pression est réglée par des ressorts (fig. 38); ces galets sont solidaires de pignons qui engrènent avec

une vis à filets contraires actionnée elle-même par un pignon qui fait corps avec elle; ce pignon engrène en permanence avec une couronne dentée creusée sur la face d'une bague

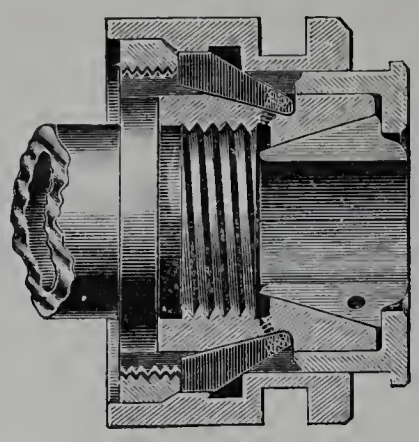


Fig. 36. — Mandrin fermé.

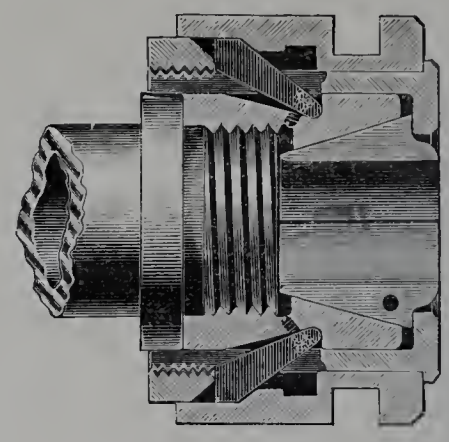


Fig. 37. — Mandrin ouvert.

montée folle sur l'arbre du tour. Cette couronne dont le pourtour est cannelé peut être immobilisée par un verrou commandé par le levier de serrage de la barre.

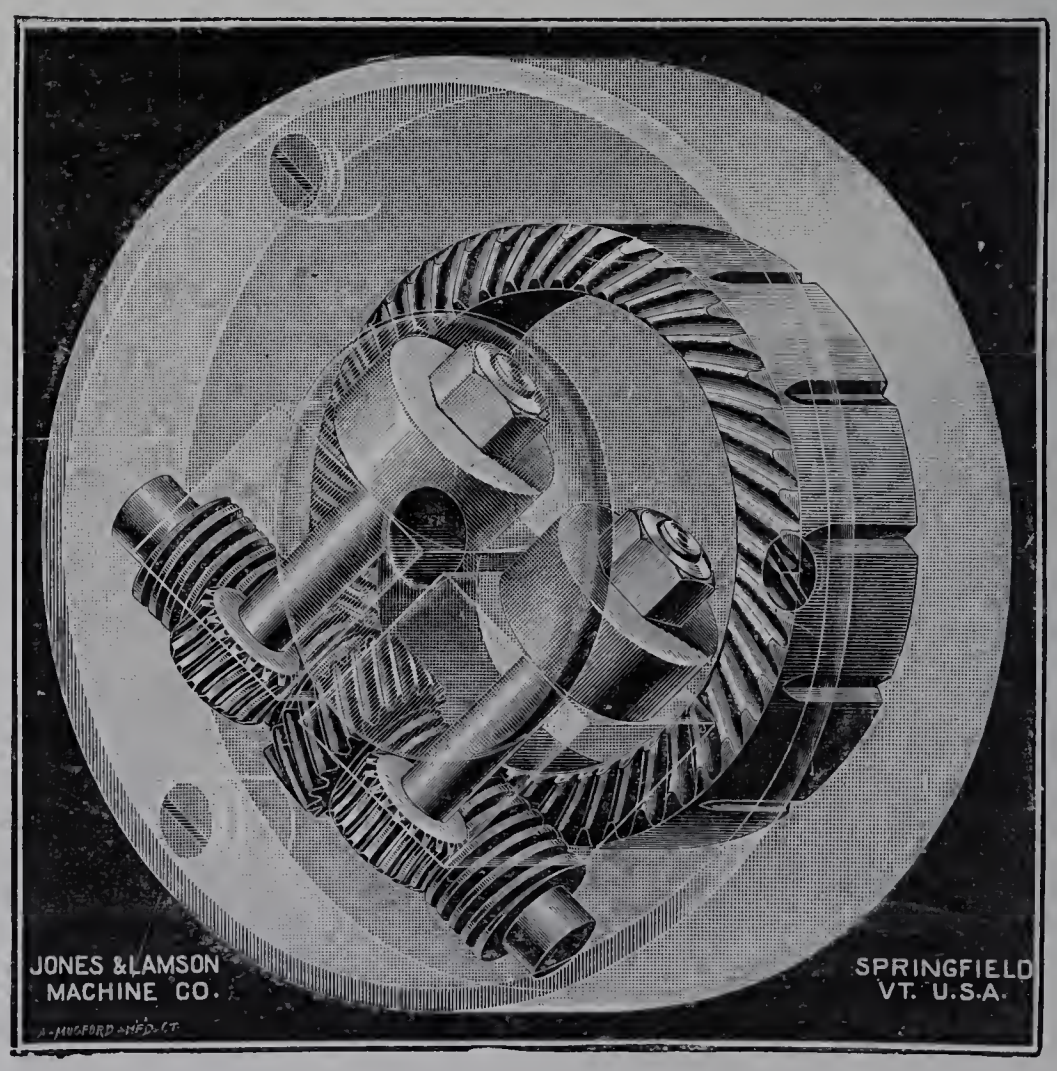


Fig. 38.

Lorsque la bague est immobilisée, le mouvement de rotation de la poupée fait tourner le pignon et par suite les galets qui entraînent la barre.

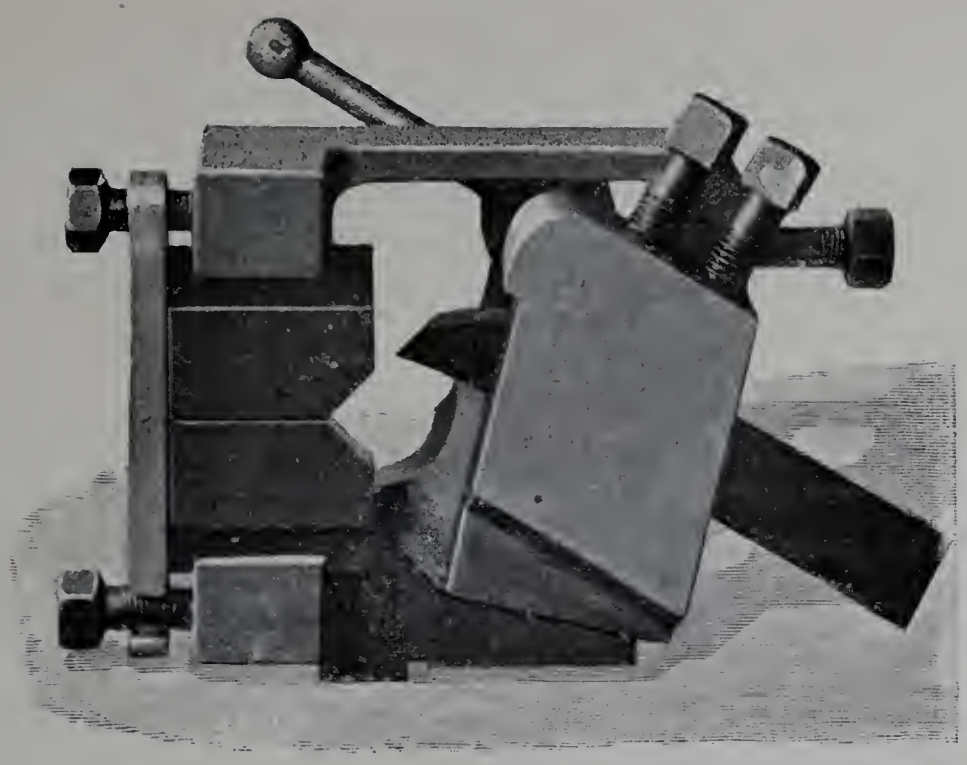


Fig. 39.

Fig. 40. — Tourneur pour cônes avec règle directrice.

Porte-Outils. — Les différents porte-outils employés sont solidement boulonnés à plat sur la tourelle. Ils sont de plusieurs espèces.

Le principal nommé *tourneur* (fig. 39) consiste en un bâti sur lequel sont réunis à la fois l'outil et la lunette à suivre; l'outil, qui est pris dans un morceau d'acier brut, est monté sur un bloc à charnière; un excentrique monté sur ce bloc et manœuvré par un levier permet, quand le levier est amené au contact d'une vis, de faire le diamètre voulu; en relevant l'outil en arrière pendant la course rétrograde, on évite de frotter sur la pièce et de l'abîmer.

Les touches qui forment lunette à suivre n'ont pas seulement pour effet de soulever la pièce, elles agissent encore comme brunissoir en laissant, même après des passes de 10 millimètres d'épaisseur, une surface unie et brillante.

Un *tourneur* un peu différent est disposé pour l'appui des touches en avant du burin.

Dans les longues courses, quand on veut travailler en s'éloignant du mandrin, on emploie un tourneur analogue aux précédents, mais disposé pour la marche en sens inverse.

Le *tourneur pour cônes* (fig. 40) permet le tournage des longs cônes ou des formes diverses de diamètres variables. Le diamètre de la pièce est modifié au moyen d'une règle directrice

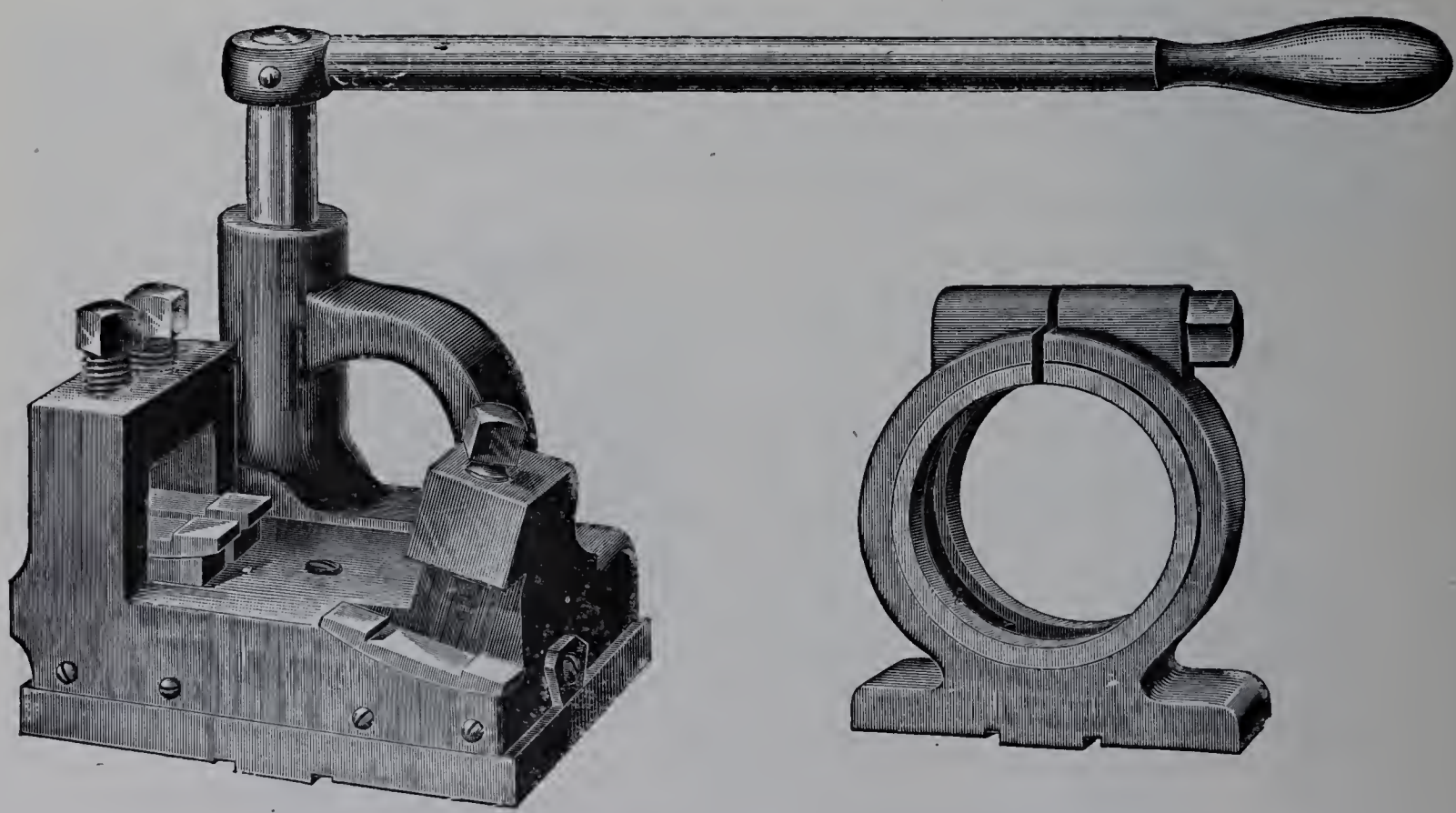


Fig. 42. — Chariot transversal.

Fig. 41.

ou gabarit qui, fixée d'une part à la poupée de la machine, agit de l'autre sur le bloc du porte-outil et le fait tourner autour de son axe. Dans ce cas, la pièce est maintenue dans un mandrin à mouvement oscillatoire qui permet le mouvement latéral de l'autre bout de la pièce et agit comme joint universel.

Le *porte-outil* circulaire à mâchoires (fig. 41) sert à recevoir des forets, alésoirs, tarands, lunettes de centrage ou autres outils de même genre.

Le chariot *transversal* (fig. 42) se monte également sur le plateau-revolver; il peut recevoir deux ou trois outils pour tourner, pratiquer des incisions et découper; on le manœuvre au moyen d'un grand levier qui agit sur un pignon de faible diamètre.

Le tour de Hartness comporte encore l'emploi d'une *filière automatique* d'un mécanisme analogue à la *Geometric Drill;* les peignes s'ouvrent automatiquement quand la queue ou support de la filière est retardée dans son mouvement. La forme des peignes est telle, que les premières dents, celles qui attaquent la pièce, ont un léger dégagement, tandis que les suivantes n'ont pas de dégagement et emboîtent la partie déjà filetée.

La filière peut être montée sur le *chariot-filière* ou mieux sur l'un des porte-outils de la tourelle, lorsque tous les porte-outils ne sont pas occupés. Le *chariot-filière* porte la filière et un outil finisseur pour arrondir les bouts des arbres et des boulons. Ce chariot est monté sur une barre à l'arrière du tour et est disposé pour venir se présenter devant la pièce; il peut reposer sur le sommet du chariot transversal, à l'aide duquel on peut le pousser et le faire avancer.

TOURS DIVERS POUR LE DÉCOLLETAGE DES PIÈCES DE GRANDE LONGUEUR ET DE GRAND DIAMÈTRE.

MM. Herbert, Ward, Warner et Swasey exposent des tours à revolver qui présentent de grandes analogies avec le tour système Hartness; ils s'en différencient toutefois par quelques dispositions qu'il est utile de signaler.

Alors que dans les tours Ward et Hartness la tourelle est plate, dans les tours Herbert, Warner et Swasey, elle est de forme hexagonale, mais les parois intérieures et extérieures sont parallèles et les porte-outils sont boulonnés sur leurs faces.

Le porte-outil Herbert (fig. 43) est également différent des autres : le porte-burin peut se déplacer perpendiculairement à l'axe du tour dans une glissière de la monture au moyen d'un bouton molleté, qui permet de retirer l'outil pendant le retour de la tourelle; une butée permet de le ramener ensuite exactement à sa position primitive. Le burin est réglé en hauteur au moyen de coins et maintenu dans sa glissière par deux vis de pression.

Comme dans le tour Hartness, la pièce est maintenue, pendant son travail, au moyen d'une lunette à suivre formée de deux touches d'acier, mais ces touches peuvent être déplacées dans le sens de l'axe du tour et, suivant le cas, précéder ou suivre l'outil.

Dans le tour Ward, l'avancement du chariot de la tourelle a lieu par vis-mère avec disposition Hendey-Norton, pour faire varier les avances ou changer les pas; la marche peut être renversée par la manœuvre d'un levier.

Le mécanisme de serrage et de desserrage de la barre, dans le tour Herbert, mérite une attention particulière. Il repose d'ailleurs sur le même principe que celui qu'applique

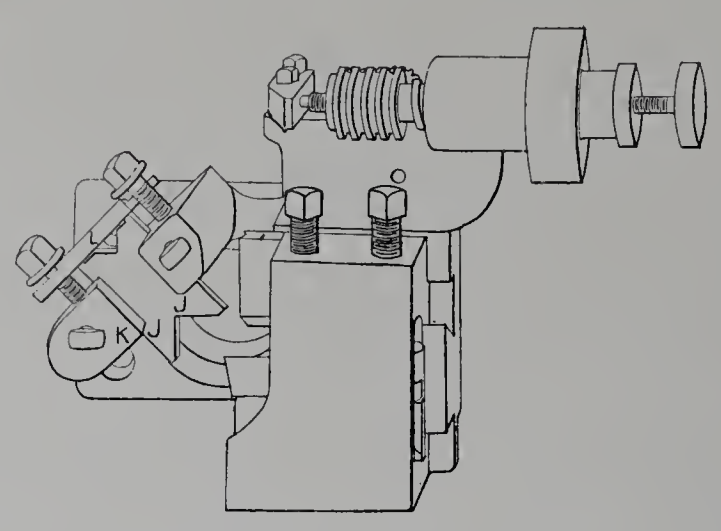


Fig. 43.

la Gisholt Machine C° dans ses tours à surfacer, disposés pour le décolletage dans la barre (fig. 44).

La fermeture ou l'ouverture du mandrin est assurée par le déplacement des mors dans leur logement conique sous l'action du mouvement dans un sens ou dans l'autre du chapeau qui les relie par son bord. Quant au déplacement du chapeau, il est obtenu au moyen d'un manchon fileté dans le même sens, intérieurement et extérieurement, à

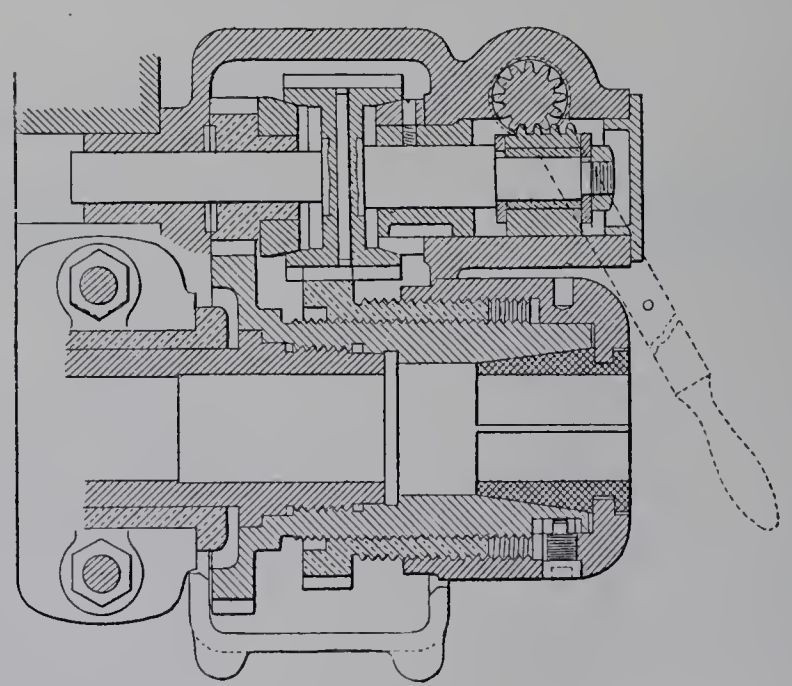


Fig. 44.

un pas légèrement plus grand à l'extérieur qu'à l'intérieur; le chapeau est vissé sur ce manchon, qui est vissé lui-même sur le corps du mandrin. Le chapeau est rendu solidaire du corps du mandrin sur lequel il ne peut tourner, mais il peut cependant se déplacer longitudinalement, lorsqu'il y est provoqué par le manchon fileté.

Suivant qu'on visse le manchon sur le mandrin ou qu'on l'en dévisse, on dévisse le

chapeau ou on le visse, on repousse ou on attire les mors et on les fait ouvrir ou serrer.

A cet effet, le manchon porte une embase taillée en roue dentée qui engrène avec un pignon calé sur un arbre auxiliaire. Par le mouvement d'un levier qui donne à l'arbre un déplacement longitudinal, ce pignon peut être embrayé soit avec une roue qui tourne en sens inverse de l'arbre du tour et à une vitesse un peu plus grande, soit avec un cône fixe.

Lorsque le tour travaille, le pignon de l'arbre auxiliaire se trouve dans sa position médiane et tourne librement, conduit par l'embase taillée du manchon, qui participe au mouvement de rotation de l'arbre du tour.

Si on l'embraye avec le cône fixe, en poussant le levier à droite, on l'empêchera de tourner ainsi que le manchon. Ce dernier se vissera sur le mandrin et par la différence de ses pas dévissera le chapeau, qui repoussera les mordaches et les fera ouvrir.

Si on l'embraye, au contraire, avec la roue qui tourne plus vite que l'arbre, en poussant le levier à gauche, on imprimera au manchon un mouvement de rotation de même sens et plus rapide que celui de l'arbre, on le dévissera du mandrin, mais par la différence des pas on vissera le chapeau, qui attirera les mordaches et les fera serrer sur la barre.

TOURS À REVOLVER POUR PERCER, ALÉSER, DRESSER.

La plupart des machines à décolleter sont susceptibles, par l'adjonction d'un plateau de tour vissé sur le nez de la broche, de saisir des pièces fondues ou forgées d'un diamètre en rapport avec leur hauteur d'axe au-dessus du banc et d'exécuter sur elles des opérations de perçage, d'alésage, d'arrasage et de dressage. Toutefois, certains tours sont plus spécialement disposés pour ce genre d'opérations. (Société Alsacienne, Droop et Rein, Pratt et Whitney.)

Pour éviter les jeux et augmenter la précision du travail, la tourelle pivote à la main, mais elle est munie d'un bloquage énergique lui permettant de résister à l'effort du travail. On supprime généralement le chariot transversal; la tourelle porte des outils droits de perçage, d'alésage, de fraisage en bout, et des porte-outils qui portent, perpendiculairement à leur axe, des lames de dressage, de planage et des outils de forme. Le dégrossissage des faces peut être obtenu par plusieurs outils de forme montés sur le même porte-outil et disposés en escalier pour éviter l'attaque de la croûte sur une trop grande surface; ce que l'un a laissé l'autre l'enlève; dans son tour à facer, la Société Alsacienne donne à la tourelle un mouvement automatique transversal qu'on utilise pour le dégrossissage du dressage de la face par l'emploi des burins multiples.

Quelquefois un support, fixé sur le banc, sert d'appui au porte-outil qui, par une languette, s'ajuste dans une rainure du support et en assure la direction.

Un alésoir fréquemment employé est formé d'une fraise portant à l'avant une partie tronconique qui, après avoir fait son logement, guide l'alésoir dans son travail.

Suivant la force du tour, la poupée est munie ou non de harnais d'engrenages et

même d'une commande spéciale avec engrenage sur le plateau (Pratt et Whitney); le tour à facer de la Société Alsacienne est commandé électriquement et muni d'un embrayage magnétique.

TOURS À REVOLVER POUR ALÉSER, CHARIOTER, SURFACER ET FILETER.

Depuis 1889, la Gisholt Machine C° construit des tours à revolver pour forts travaux qui permettent non seulement de décolleter des barres qui peuvent atteindre 100 millimètres de diamètre, mais encore d'exécuter en série sur des pièces forgées ou fondues de 860 millimètres de diamètre la suite des opérations de tour : perçage, alésage, tournage, filetage, etc. (fig. 45).

Pour obtenir une plus grande rigidité, et pour diminuer les vibrations, le bâti, la poupée et les supports sont fondus d'une seule pièce.

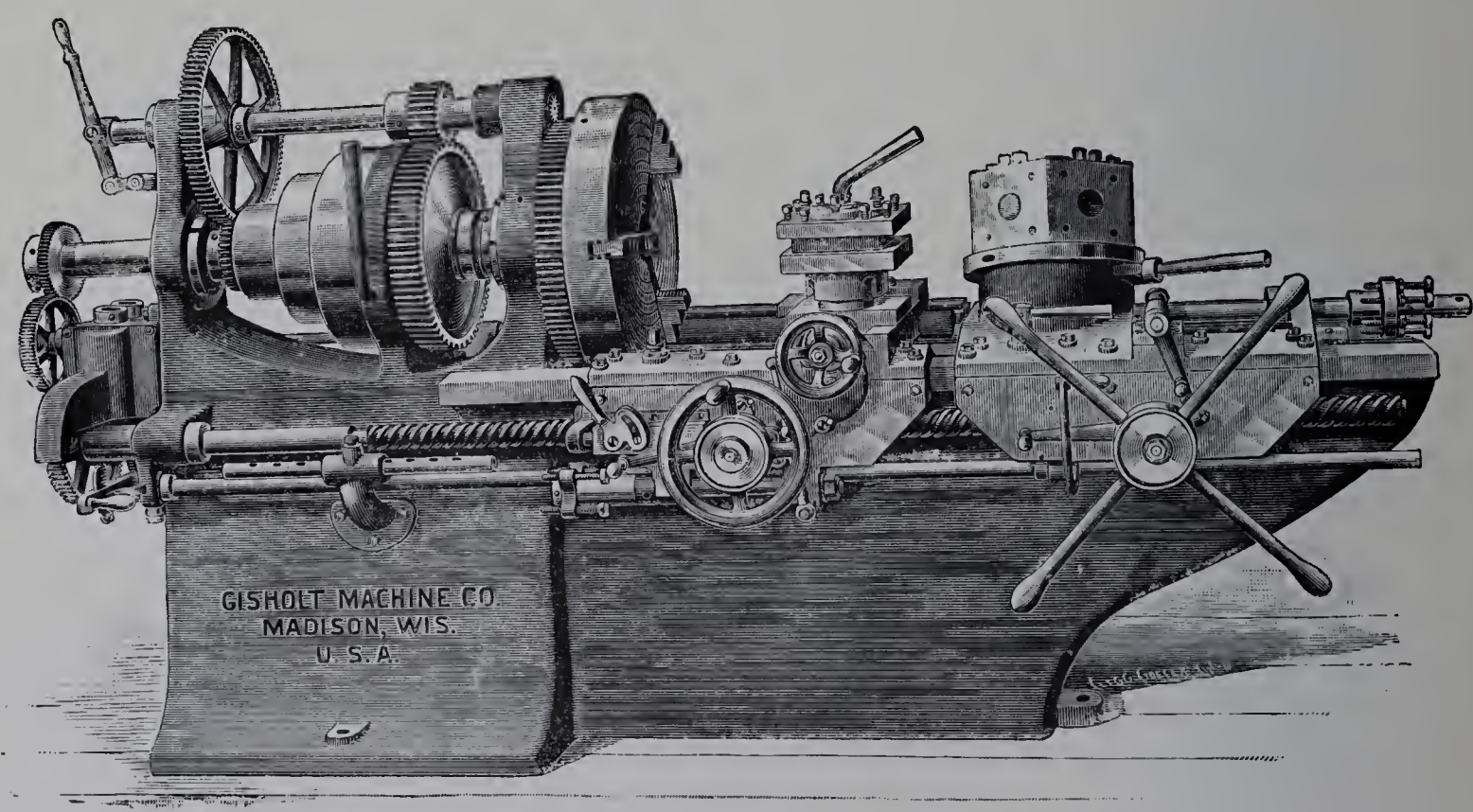


Fig. 45.

La broche, percée dans toute sa longueur, tourne dans des coussinets en bronze à rattrapage de jeu. La poupée possède un harnais d'engrenages avec embrayage à friction permettant de passer instantanément, par la simple manœuvre d'un levier, de la vitesse à la volée à la vitesse avec engrenages sans arrêter la machine. Pour les travaux demandant une grande puissance, cette poupée est munie en outre d'un harnais avec engrènement sur le plateau.

La machine comporte une tourelle-revolver hexagonale à axe vertical pouvant recevoir six outils, et un chariot revolver à quatre outils, de sorte qu'on peut utiliser successivement les dix outils, et parfois simultanément un outil de la tourelle et un outil du chariot.

La tourelle-revolver supporte les outils de perçage et d'alésage et les outils à lames pour planer, dresser et former; elle est inclinée afin de leur permettre de tourner au-dessus du chariot transversal et du croisillon de commande à la main et de faciliter ainsi l'emploi de longs outils; son support se meut sur deux V du banc et possède un mouvement longitudinal automatique ou à la main. Un butoir à six vis tournant en même temps que la tourelle permet de régler exactement la course pour chacun des porte-outils.

Le chariot-revolver possède, en plus du mouvement longitudinal, un mouvement transversal, commandé automatiquement ou à la main. Il porte un revolver à quatre outils destiné à recevoir des burins, semblables à ceux d'un tour ordinaire, qui permettent de charioter, fileter, dégorger, saigner, etc. Chacun de ces outils est réglable en hauteur indépendamment. Une butée réglable détermine la course transversale et une autre multiple à quatre vis limite la course du chariot sur le bâti pour chacun des outils.

Le chariotage et le filetage sont commandés par une vis-mère, d'un pas très fort, qui reçoit sa commande de la broche au moyen d'une suite d'engrenages et d'un mécanisme à quatre vitesses permettant de varier les avances dans le rapport de 1, 2, 4 et 8. À cet effet, la vis-mère porte une roue hélicoïdale; la vis sans fin en bronze avec laquelle elle est en prise fait partie d'un arbre vertical qui porte sur toute sa longueur une profonde rainure. Des pignons fous sur cet arbre portent chacun trois cannelures qui peuvent recevoir une languette logée dans la rainure en question; ces pignons engrènent avec d'autres calés sur un second arbre qui est mis en mouvement depuis la broche par un train de roues. La vitesse d'avance est déterminée par le choix du pignon qu'on rend solidaire de l'arbre vertical, et s'obtient par la manœuvre d'un levier.

L'embrayage des chariots est assuré de la façon suivante :

De longs écrous montés sur la vis-mère tournent dans de solides portées des tabliers des deux chariots et sont entraînés dans le mouvement de rotation de la vis, à moins qu'ils n'en soient empêchés par un serrage à friction; dans ce cas, les écrous ne tournent plus et les chariots sont mis en mouvement.

Avec ce système, le volant à main du chariot et le croisillon de la tourelle tournent quand les chariots sont stationnaires, mais si ces derniers sont embrayés et mis en mouvement, la roue à main ou les poignées du croisillon sont arrêtées, de sorte qu'au lieu d'embrayer le mécanisme d'avance pour des pièces courtes, on peut plus simplement empêcher la roue à main ou les poignées du croisillon de se mouvoir, et les chariots avancent immédiatement.

Un dispositif pour tournage conique à l'aide du chariot peut être monté à l'arrière du bâti.

La machine Gisholt permet l'emploi simultané de deux chariots. Ainsi le perçage et l'alésage peuvent être faits par la tourelle ordinaire pendant que le dégrossissage des différentes faces est fait par le chariot transversal.

Pour le perçage et l'alésage, on peut être amené à employer des outils qui, parfois,

IMPRIMERIE NATIONALE.

atteignent 750 millimètres de longueur; il est indispensable alors de les supporter pour éviter les vibrations.

Lorsque les pièces ont un alésage de 40 millimètres et au-dessus, on emploie des barres d'alésage avec lames, mais lorsque l'alésage est plus petit, on emploie des forets ou des alésoirs creux; dans le premier cas, les outils sont supportés pendant le travail par une douille rapportée dans le trou de la broche; dans le second cas, on fait usage d'une lunette à bascule qui, étant solidaire du chariot, peut être réglée plus ou moins près du travail et relevée dès qu'elle n'est plus nécessaire.

Pour planer, on emploie des lames supportées par un arbre-mandrin passant dans le trou alésé de la poulie, ou, s'il y a lieu, dans une douille rapportée dans le trou de la broche.

Pour le finissage, la pièce est montée sur un arbre-mandrin fixé dans le trou de la broche et les mors du plateau viennent serrer une partie concentrique de la pièce.

Quant au revolver du chariot transversal, il reçoit soit des lames de forme, soit des outils multiples pour le tournage extérieur.

L'*American Turret Lathe* expose une série de tours système Conradson, dont les dispositions générales rappellent leur origine commune avec les tours Gisholt.

Les pièces à admettre sous le plateau peuvent atteindre un mètre de diamètre.

Le chariot transversal est supprimé, mais, à la place d'un des outils de la tourelle, une tourelle pour quatre outils est montée sur une glissière et peut être déplacée transversalement, soit à la main, soit automatiquement.

Quant à la rotation de la tourelle, elle est obtenue mécaniquement et déterminée au moyen d'un levier d'enclenchement.

Plusieurs constructeurs, *MM. Bulard, Ward et Herbert,* exposent des tours à revolver qui présentent quelque analogie avec les tours Gisholt.

La poupée, robuste et puissante, est pourvue d'un mécanisme complet de changement de vitesse, comprenant une poulie cône, un ou deux harnais d'engrenages et parfois une commande spéciale avec engrenage sur le plateau (Bullard).

Une tourelle porte-outils, hexagonale, est installée sur un solide chariot qui repose sur deux V du banc et se meut généralement dans les deux sens à la main ou automatiquement.

Une tourelle auxiliaire (Ward, Herbert) est montée sur un deuxième chariot et possède une avance longitudinale et une avance transversale qui peuvent être instantanément renversées. Elle peut être solidement fixée dans quatre et parfois dans huit positions différentes (Ward). Lorsque le tour est muni de deux tourelles porte-outils, la tourelle principale est inclinée pour permettre aux outils qu'elle supporte de passer sans difficulté au-dessus de la tourelle auxiliaire. Quand il ne comprend qu'une seule tourelle, un chariot transversal, superposé au chariot longitudinal, permet le déplacement du porte-outils automatiquement ou à la main dans le sens perpendiculaire à l'axe du tour (Bullard).

Les tourelles sont maintenues en position par un arrêt, et solidement bloquées sur

le chariot au moyen d'un levier; quand on veut changer d'outil, la tourelle est débloquée et rendue libre; on la fait alors tourner à la main pour amener l'outil suivant.

Les deux tourelles (Ward) ou la tourelle unique (Bullard) ou simplement la tourelle auxiliaire (Herbert) peuvent être munies d'une disposition pour fileter, mais le mouvement de chariotage peut être solidaire (Ward) ou indépendant du mécanisme de filetage.

Dans le premier cas (Ward), le chariotage et le filetage sont obtenus par vis-mère et disposition Norton-Hendey qui permettent, par l'adjonction d'une disposition d'embrayage sur l'une ou l'autre de quatre paires d'engrenages, de disposer de quarante combinaisons d'amenages.

Dans le second cas, le mouvement d'avance automatique est obtenu par crémaillère avec changement de marche instantané, et le filetage est donné par une vis-mère qui, au moyen d'une disposition spéciale, permet d'obtenir immédiatement plusieurs pas différents.

Le débrayage est automatique pour toutes les avances et indépendant pour chaque outil; il est obtenu soit au moyen de tringles de débrayage (Herbert), soit au moyen de butées disposées sur un même axe qu'on tourne à la main à chaque passe, ou sur une petite tourelle qui, comme dans les tours Gisholt, participe au mouvement de rotation de la tourelle porte-outils (Ward).

Enfin, lorsque le tour possède une tourelle auxiliaire, son chariot transversal peut généralement être muni d'un dispositif pour tourner en cône soit intérieurement, soit extérieurement.

La *Fabrique de machines-outils de Leipzig* construit également des tours à revolver pour le travail des grosses pièces. La machine comporte deux supports-revolvers, mais le principal est vertical et tourne autour d'un axe horizontal; il porte seize outils et peut être débrayé indépendamment pour chacun d'eux; la tourelle est excentrée par rapport à l'axe du tour et les outils qui ne travaillent pas se rangent du côté opposé à l'ouvrier.

Un second support est monté sur le côté et laisse le revolver principal coulisser jusqu'au nez de l'arbre du tour; il peut recevoir quatre outils.

Chacun des revolvers est pourvu d'un mouvement automatique longitudinal pour chariotage et filetage avec débrayage automatique; le support-revolver auxiliaire est muni d'un mouvement transversal.

Les différents tours à revolver que nous venons d'examiner, bien que plus spécialement établis pour les travaux de tournage, alésage, dressage, perçage, etc., dans des pièces forgées ou fondues saisies sur plateau, peuvent servir au décolletage de fortes barres par l'adjonction d'un chuck sur le nez de la broche, permettant le serrage et le desserrage automatique de la barre.

IV. TOURS HORIZONTAUX AUTOMATIQUES À OUTILS MULTIPLES.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Les machines à décolleter automatiques ont suivi la même évolution que les machines à décolleter ordinaires. Après avoir été destinées exclusivement à la fabrication des vis, elles ont été employées au décolletage des pièces plus fortes, puis au façonnage de pièces fondues ou forgées; elles sont ainsi devenues de véritables *tours automatiques*.

Leur fonctionnement repose sur l'emploi de cames pour la production des divers mouvements : présentation des pièces ou de la portion de barre à travailler, travail successif des divers outils, mouvements accessoires.

Les cames sont montées sur un ou plusieurs arbres, et toutes les opérations nécessitées par la confection d'une pièce sont effectuées en un tour d'arbre ou un *cycle* de la machine; mais la façon de construire les cames, de disposer les outils et de relier ces organes entre eux varie suivant le type de la machine.

Les outils employés peuvent être complètement indépendants les uns des autres ou groupés sur un revolver à axe horizontal ou vertical. Quant aux cames qui commandent les divers mouvements, elles peuvent être constituées par des lames disposées suivant les hélices d'un tambour ou taillées suivant le contour d'un disque.

Les cames disposées suivant les hélices d'un tambour donnent des avances proportionnelles aux temps aux butoirs sur lesquelles elles agissent et, par suite, aux glissières qui sont reliées aux butoirs; elles communiquent donc un mouvement uniforme aux outils supportés par la glissière et peuvent être utilisées pour l'avance des filières. Mais ce genre de cames agit pour le recul comme pour l'avance des outils; le mouvement de recul n'est donc pas instantané, et c'est pour en augmenter la vitesse et éviter les pertes de temps qu'une disposition spéciale permet en général de donner à l'arbre des cames une vitesse accélérée pendant le retour de la tourelle.

Lorsqu'une came est taillée suivant le contour d'un disque, elle doit avoir la forme d'un arc de spirale d'Archimède, pour pousser d'un mouvement uniforme un point qui se déplace suivant une droite passant par le centre de la rotation de la came; elle lui communique alors dans des temps égaux des déplacements égaux à la différence des rayons vecteurs allant du centre à la courbe. Mais, en général, la came ne pousse pas directement une glissière; le plus souvent, elle agit sur une touche circulaire placée à l'extrémité d'un levier articulé dont l'autre extrémité pousse la glissière ou engrène avec une crémaillère reliée à la glissière.

On peut toutefois, même dans ce cas, se contenter de donner à la came un arc de spirale lorsqu'il s'agit de faire avancer les outils de décolletage, de tronçonnage, de formage, et on termine la spirale par un arc de cercle qui, laissant dormir l'outil à la fin du mouvement d'avance, lui permet de finir et de polir la pièce.

Cette approximation n'est plus suffisante lorsqu'il s'agit de pousser une filière qui ne comporte pas de disposition particulière permettant de s'affranchir de la variation de vitesse d'avance; il devient alors nécessaire de tracer correctement par points cette portion de courbe.

On peut y arriver de la façon suivante :

Soient, par exemple, O le centre de la came, A_0 le centre de l'articulation d'un levier qui s'appuie d'un côté sur la came par une touche du centre C et qui porte à son autre extrémité un arc denté engrenant avec une crémaillère reliée à un chariot. Pour

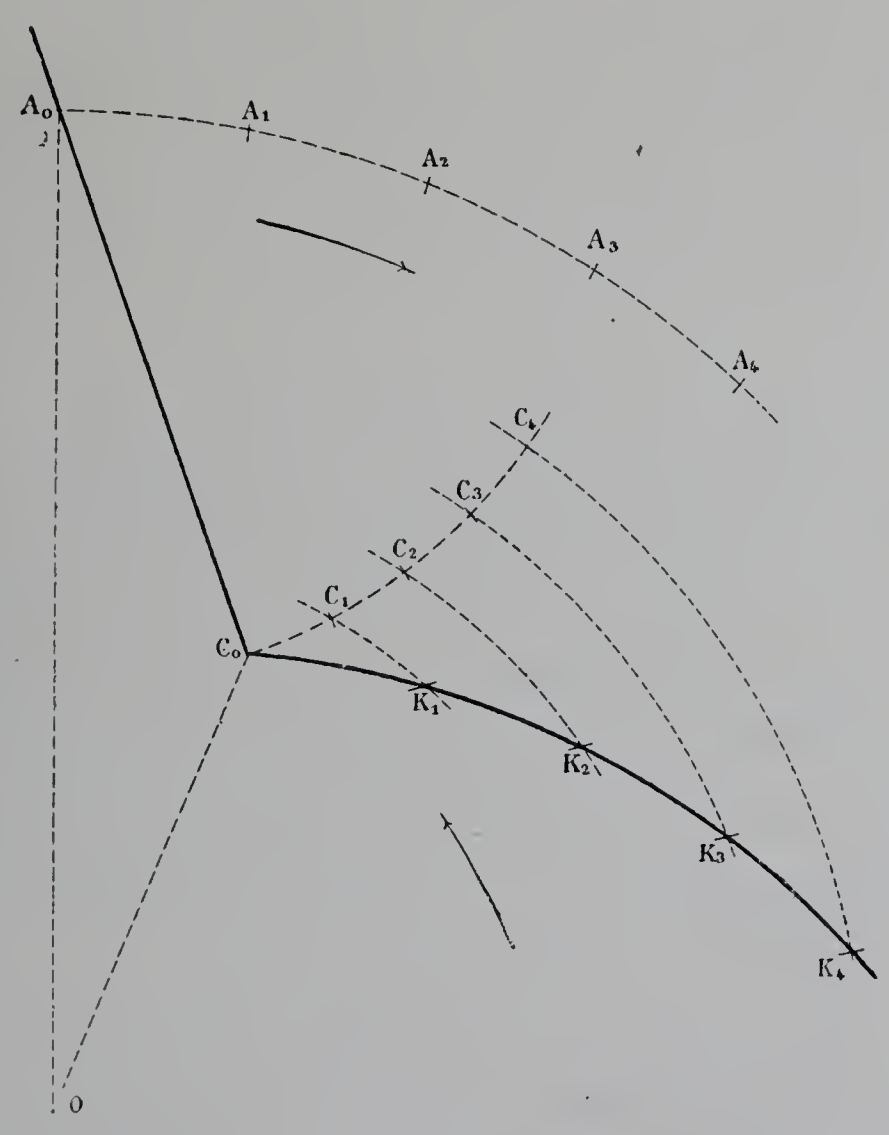


Fig. 46.

que le chariot s'avance d'une façon uniforme, il faut que l'arc denté, d'une part, et le centre de la touche, d'autre part, décrivent autour du centre A_0 des arcs égaux dans des temps égaux. Soient C_0C_1, C_1C_2, C_2C_3 les arcs égaux décrits successivement par le centre C de la touche pendant l'unité de temps. Supposons la came immobilisée et tout l'ensemble sur lequel elle agit animé en sens inverse d'un mouvement relatif autour du centre O; le centre de l'articulation A_0 décrira autour du point O une circonférence de rayon OA_0 et parcourra pendant les unités de temps successives des arcs A_0A_1, A_1A_2, A_2A_3, etc. Pendant ce mouvement, les différentes positions K_1, K_2, etc., du centre de la touche seront à l'intersection des circonférences décrites des points A_1, A_2, A_3, etc.,

comme centres, avec $A_0 C_0$ pour rayons, et des circonférences décrites de O comme centre, avec OC_1, OC_2, OC_3 comme rayons. L'ensemble des points C_0, K_1, K_2, K_3, etc., donne la courbe décrite par le centre de la touche; pour tracer la came qui convient à la touche de rayon r, il suffit de tracer des points C_0, K_1, K_2, etc., comme centres des cercles de rayon r, dont l'enveloppe est la courbe cherchée.

Quant au retour des outils actionnés par des cames taillées dans des disques, il est, en général, exécuté rapidement et presque instantanément, grâce à la forme rapide de la courbe et à l'action de ressorts puissants, parfois même sous l'influence du simple poids du chariot.

D'après les considérations qui précèdent, les différentes machines exposées en 1900 peuvent se grouper dans l'un des trois types suivants :

1° Tours automatiques à chariots transversaux, sans revolver; les cames sont profilées dans des disques; la barre avance au fur et à mesure du travail (Lambert, Bangerter);

2° Tours automatiques à revolver; les cames sont profilées dans des disques; avant chaque cycle, la barre avance de la longueur nécessaire à la confection d'une pièce (Brown et Sharpe);

3° Tours automatiques à revolver; les cames consistent en lames rapportées sur des tambours; avant chaque cycle, la barre avance de la longueur nécessaire à la confection d'une pièce. Type Hartford (Herbert, Pratt et Whitney, Richter).

Dans cette 3e catégorie peuvent rentrer les machines à décolleter les vis de la Wolseley S. S. M. Co.

Le 1er type de machines est spécialement destiné à la confection des petites vis et en particulier des vis d'horlogerie, qui n'exigent l'emploi que d'un petit nombre d'outils; le 2e a été appliqué à la fabrication de pièces de 12 mm. 7 de diamètre et 50 millimètres de longueur; le 3e a été étendu par M. Herbert au décolletage de pièces pouvant atteindre 60 millimètres de diamètre et 250 millimètres de longueur, et par MM. Pratt et Whitney au façonnage des volants de machines à coudre.

Il n'est pas nécessaire que toutes les machines d'un même type comportent tous les outils du modèle complet; aussi nous trouvons dans les 2e et 3e catégories des spécimens de machines spécialement disposées pour la fabrication des pièces de forme peu compliquée, qui, au lieu d'un revolver à 5 ou 6 outils, comportent un chariot qui ne supporte que deux et souvent même un seul outil.

Nous voyons également le constructeur, lorsque la pièce à façonner est simple, appareiller la machine complète dont il dispose, de façon à confectionner plusieurs pièces pendant un cycle.

1° TOURS AUTOMATIQUES À CHARIOTS TRANSVERSAUX SANS REVOLVER; LES CAMES SONT PROFILÉES DANS DES DISQUES; LA BARRE AVANCE AU FUR ET À MESURE DU TRAVAIL (LAMBERT, BANGERTER).

Dans les petites machines exposées par M. Lambert et par M. Bangerter, la barre possède, en plus du mouvement de rotation, un mouvement de translation qui lui est

communiqué par le chariot qui la supporte; les opérations de tournage et de tronçonnage sont effectuées par deux couteaux, placés en face l'un de l'autre, qui ne possèdent que des mouvements perpendiculaires à l'axe de la barre; le filetage est exécuté par une filière fixée à l'extrémité d'un arbre qui, situé dans le prolongement de la barre, reçoit un mouvement longitudinal.

Les mouvements de serrage et de desserrage de la barre, son avance de la quantité nécessaire pour la fabrication d'une pièce, sa translation pendant le travail, les mouvements transversaux des couteaux et longitudinaux de la filière, ainsi que la commande de la rotation ou de l'arrêt de la barre, sont obtenus par des cames à disques montées sur un même arbre longitudinal (Lambert) ou sur deux arbres transversaux (Bangerter). Une lunette située aussi près que possible des couteaux supporte la pièce pendant le travail.

Par ces dispositions, les couteaux peuvent effectuer le tournage de cylindres étagés de diamètres croissants et décroissants sur des pièces relativement longues par rapport à leur diamètre.

Dans la machine Lambert, chaque couteau est monté sur un chariot indépendant; les mouvements d'avance et de recul sont réglés par des cames à raison d'une came par diamètre pour chaque couteau ou par deux diamètres successifs quand ces diamètres sont très peu différents; ces cames agissent sur chacun des chariots par l'intermédiaire de butoirs réglables.

Dans la machine Bangerter, les deux couteaux sont portés par un même chariot fixé à l'extrémité d'un levier dont l'autre extrémité porte une roulette qui peut se déplacer sur un plan incliné contre lequel elle s'appuie sous l'action d'un ressort à boudin. Le plan incliné est porté par un chariot longitudinal qui est actionné par une came supportée par un des arbres transversaux. Lorsque le chariot longitudinal agit sur le chariot transversal par l'intermédiaire du plan incliné et de la roulette pour permettre au couteau de se dégager par une section normale à l'axe de la barre, il y a arrêt momentané dans l'avance de la barre.

L'appareil à fileter des deux machines est à peu près le même; mais alors que, dans la machine Lambert, la rotation de la barre est suspendue, pendant l'opération, par le moyen d'une came qui fait passer la courroie sur la poulie folle, dans la machine Bangerter, le mouvement de rotation de la barre est continu et le vissage de la filière est obtenu par la différence des vitesses.

A cet effet, dans la première machine, l'arbre-support de la filière porte une roue à rochet qui peut être mise en prise avec l'une ou l'autre de deux poulies folles qui tournent en sens inverse; l'action dans un sens ou dans l'autre est facilitée par deux ressorts. Sous l'action d'une came, le chariot porte-filière est amené en contact avec la pièce en comprimant un des ressorts, en même temps que la roue à rochet vient en prise avec une des poulies; la filière tourne donc dans un sens et attaque la pièce; pendant ce temps, la pièce ne tourne plus et n'avance plus. Au moment de l'arrêt du mouvement longitudinal de la filière, le chariot recule brusquement sous l'action des ressorts, jusqu'à ce

que le rochet vienne en prise avec l'autre poulie; alors la filière tourne en sens inverse et se dévisse.

Dans la machine Bangerter, la barre, pendant le filetage, n'avance plus, mais continue à tourner avec la même vitesse de rotation et permet ainsi à l'outil de tronçonnage de travailler en même temps. L'arbre porte-filière, dont le chariot est poussé par une came, est mis en mouvement de rotation par le moyen d'un toc réglable; la vitesse qui lui est imprimée est de même sens et plus grande que celle de la barre; c'est par la différence des deux vitesses que la filière se visse sur la barre. Quand la came, abandonnant le chariot, amène le dégagement du toc, la filière ne tourne plus et se dévisse, sollicitée en arrière par l'action d'un ressort à boudin.

Applications (Bangerter). — Comme applications des machines précédentes, nous pouvons citer deux machines exposées par M. Bangerter : une destinée à la fabrication des boutons de chemise, l'autre des chaînes.

La première est formée de deux tours automatiques réunis sur une même table. L'un de ces tours décollète la tête et la tige et forme une petite embase à l'extrémité de la tige. L'autre décollète à l'extrémité d'une autre barre l'alvéole dans laquelle un transporteur vient placer l'embase de la tige du bouton, sertit l'une sur l'autre les deux pièces et les tronçonne.

La deuxième machine fabrique des chaînes d'après un principe analogue au précédent; chaque chaînon est formé d'une tige terminée par deux sphères, l'une formant l'alvéole qui reçoit l'extrémité du chaînon précédent, l'autre formant le genou qui est serti dans l'alvéole du chaînon suivant. Les différents chaînons comprenant chacun une alvéole et une tête sont décolletés dans une barre.

2° TOURS AUTOMATIQUES «BROWN ET SHARPE».

Les tours automatiques Brown et Sharpe sont des machines à décolleter à revolver dont les mouvements automatiques sont actionnés par des cames. Ces machines, dont les premiers spécimens datent d'une dizaine d'années, comprennent une poupée de tour avec un arbre traversé suivant sa longueur par la barre et portant deux poulies folles qui reçoivent directement leur commande du renvoi et tournent en sens inverse; un mécanisme de friction permet d'embrayer la broche avec l'une ou l'autre de ces deux poulies et de la faire tourner dans un sens ou dans l'autre; le mécanisme de serrage, d'avance et de desserrage de la barre est le même que celui des machines semi-automatiques des mêmes constructeurs, la longueur d'avance se règle par le déplacement d'une vis sur la glissière qui la supporte.

Les outils travaillant en bout sont disposés sur le pourtour d'un barillet, dont l'axe est horizontal et perpendiculaire à l'axe du tour. Quant aux outils transversaux pour former, sectionner, moletter, ils sont montés sur des chariots indépendants.

Les divers mouvements sont commandés les uns par des cames fixes, mais réglables, les autres par des cames variables suivant la pièce à confectionner; ces dernières com-

mandent le mouvement du chariot de la tourelle et des chariots transversaux, alors que les premières sont réservées à la rotation du revolver, au serrage, desserrage et avance de la barre, au changement de sens de la rotation du tour, en un mot à tous les mouvements auxiliaires.

Tous ces mouvements auxiliaires sont très rapides et indépendants de la dimension de la pièce à produire.

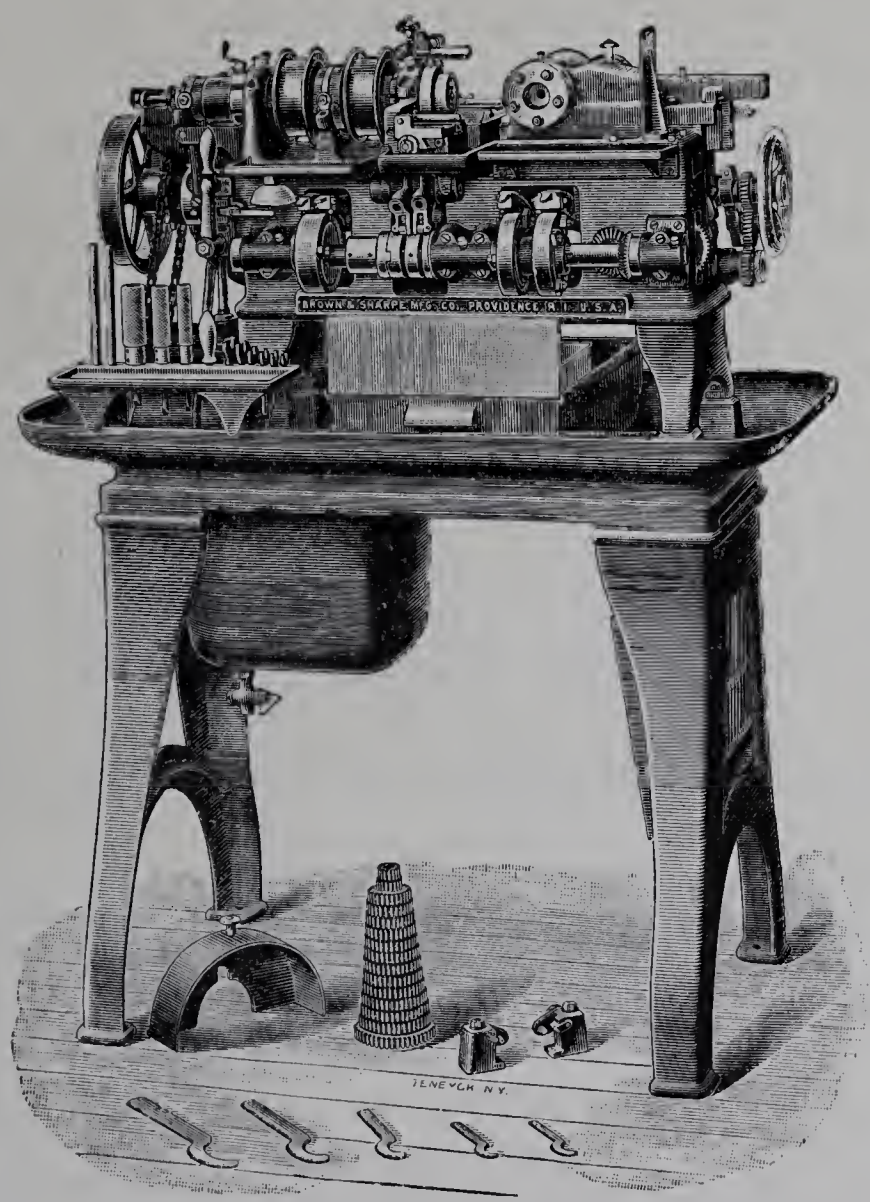


Fig. 47. — Machine à décolleter automatique n° 00 de MM. Brown et Sharpe.

Les différentes cames sont profilées dans des disques et portées par trois arbres, savoir :

1° Un arbre longitudinal situé sur le devant de la machine porte une came double réglable pour la rotation de la tourelle, deux cames variables pour la commande des deux chariots transversaux, deux cames réglables, l'une qui commande le changement de sens de la rotation de la barre, l'autre qui commande le déflecteur, sorte de cuiller qui reçoit la pièce quand elle se détache de la barre et la verse dans un récipient situé sur le côté de la machine;

2° Un arbre parallèle au premier et situé dans l'axe du tour commande la came d'avance et de serrage de la barre;

3° Un arbre transversal perpendiculaire aux deux premiers porte la came variable qui donne les avances de la tourelle.

La commande de la rotation des cames est reçue directement du renvoi par un arbre longitudinal postérieur qui transmet le mouvement, d'une part, à l'arbre transversal et de là à l'arbre longitudinal antérieur et, d'autre part, à l'arbre qui commande la came d'avance et de serrage.

L'arbre transversal et l'arbre longitudinal qui commandent les avances de la tourelle et des chariots sont en relation de vitesse invariable, mais cette vitesse peut varier par rapport à celle de l'arbre principal à l'aide d'engrenages de rechange, et, par suite, la vitesse du cycle peut varier par rapport à la vitesse de rotation de la barre.

Le dispositif de rotation de la tourelle est porté par le même chariot que la tourelle; il en résulte que la rotation de la tourelle peut s'effectuer en un point quelconque de sa course, déterminé par le réglage de la came double qui commande l'embrayage ou le débrayage du mouvement.

Les cames variables qui règlent les avances de la tourelle et des chariots transversaux agissent par l'intermédiaire d'un levier articulé qui porte, du côté où il appuie sur la came, une touche circulaire et, du côté opposé, un secteur denté, qui engrène avec une crémaillère fixée sous la glissière porte-tourelle ou sous les chariots transversaux. Un ressort antagoniste sollicite constamment la tourelle en arrière et rend les retours très rapides.

Les deux chariots transversaux peuvent être mis en mouvement simultanément et employés en même temps qu'un des outils de la tourelle.

Les cames variables qui commandent l'avance du revolver et des chariots transversaux sont tracées d'après les considérations suivantes : Partant de la nature du travail à effectuer, on peut déterminer le nombre R de révolutions de la barre à la minute; on peut également calculer le nombre de révolutions nécessaires pour effectuer le travail de tournage, de filetage et de défiletage et le nombre de révolutions nécessaires pour faire tourner la tourelle autant de fois qu'il en est besoin, on arrive ainsi au nombre r de révolutions de la barre pour un cycle. On doit donc en une minute faire effectuer R révolutions à la broche et $\frac{r}{R}$ révolutions aux arbres de commande des cames variables.

Ceci établi, si nous représentons les r révolutions d'un cycle par 100 et si nous convertissons approximativement le nombre de révolutions nécessitées par les diverses opérations en centièmes du cycle, nous pourrons porter, sur les différents rayons obtenus sur la circonférence de la came par cette division, les quantités correspondantes dont on devra faire avancer le point de contact de la touche avec la came et tracer ainsi les cames par points.

Pour les travaux de décolletage, tournage, etc., on peut se contenter dans le tracé de la came d'une portion d'arc de spirale d'Archimède; pour le retour, la courbe est très rapide, et le rappel des leviers est pour ainsi dire instantané, grâce à l'emploi de ressorts puissants; pour les travaux de filetage et de défiletage, la courbe doit être

tracée correctement, de façon à donner à l'outil une avance égale au pas par tour de révolutions de la barre.

Les outils employés par la Brown et Sharpe M. C° sur ses machines automatiques sont semblables aux derniers modèles en usage sur les machines ordinaires : outils creux à ébaucher, porte-outils multiples et réglables avec lunette-guide pour le finissage, outils circulaires à profil constant sur les chariots transversaux, filière fixe ordinaire avec mouvement longitudinal de coulissement pour tenir compte des légères variations dans l'avance et mouvement de rotation de la barre en sens inverse pour le retour.

Comme *application* des principes précédents, MM. Brown et Sharpe ont appareillé

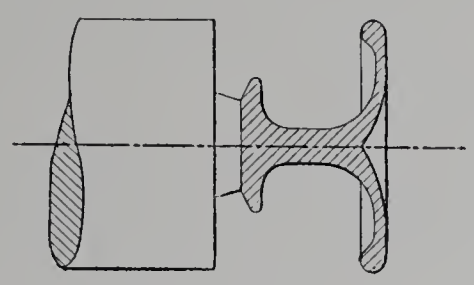


Fig. 48.

une machine à décolleter automatique pour faire des boutons doubles à collet, présentant un profil rentrant sous la tête et portant une inscription sur la cuvette. L'inscription se fait par le roulement d'une molette, déterminé par la rotation de la pièce; la molette, qui est fixée sur la tourelle et dont l'axe est oblique par rapport à l'axe du tour, porte la gravure sur la partie tronconique de sa tête et travaille par le roulement de ce tronc de cône sur le cône correspondant de la cuvette. La partie concave est façonnée également par un outil de la tourelle qu'un des chariots transversaux vient faire basculer autour d'un point fixe, pour lui permettre de pénétrer sous la tête. Le travail de cet outil est donc le résultat de l'action simultanée de deux cames, l'une qui fait avancer la tourelle et par suite l'outil lui-même, l'autre qui fait avancer le chariot transversal, pour faire basculer l'outil.

Machine automatique à fileter. — Cette machine diffère des machines précédentes en ce que la tourelle et son chariot sont remplacés par un chariot simple disposé pour recevoir un taraud ou une filière. Elle est utilisée pour la confection de pièces ayant une partie filetée proportionnellement longue par rapport au diamètre et pouvant être finies, à l'exception du filetage, par les outils du chariot transversal.

3° TOURS AUTOMATIQUES À TAMBOUR, TYPE HARTFORD.

Les tours dont les mouvements automatiques du revolver sont actionnés par des cames disposées sur des tambours ont été inventés il y a une trentaine d'années par M. Spencer et construits à l'origine par la Compagnie Hartford.

Des machines de ce modèle, destinées à la fabrication des vis, étaient, en 1889,

exposées par M. Legoux; mais, depuis cette époque, elles ont reçu divers perfectionnements et leur emploi s'est étendu à la confection de pièces plus importantes. L'Exposition de 1900 nous offre une série complète des fabrications qui sont effectuées de cette façon. MM. Pratt et Whitney, M. Herbert et M. Richter exposent d'abord des machines à décolleter pour barres de 9 millim. 5 à 16 millimètres; de plus, M. Herbert présente une machine pour barres de 63 millimètres, et MM. Pratt et Whitney, une machine à magasin pour pièces fondues, telles que les volants de machines à coudre.

Ces différentes machines présentent dans leur ensemble les mêmes dispositions générales; ce sont des tours à revolver dont toutes les opérations se succèdent automatiquement au moyen d'une série de cames actionnées par un même arbre placé longitudinalement sous l'arbre principal. L'arbre du tour et l'arbre des cames sont commandés par des courroies distinctes venant du renvoi.

L'arbre du tour peut tourner dans les deux sens et à des vitesses différentes, l'une correspondant au taraudage, l'autre au tournage et au détaraudage; il porte, à cet effet, dans les machines Pratt et Whitney, une poulie fixe entre deux poulies folles et peut être mû par l'une ou l'autre des deux courroies tournant en sens inverses et à des vitesses différentes; dans les machines Herbert et dans la machine à magasin Pratt et Whitney, le mouvement est communiqué à la broche au moyen d'un harnais d'engrenages; enfin M. Richter, au lieu de changer le sens de la rotation par le déplacement des fourchettes, fait usage d'une friction qui permet d'embrayer l'arbre principal avec l'une ou l'autre des deux poulies folles qui tournent en sens inverses.

Le serrage de la barre est obtenu, comme dans les machines à décolleter ordinaires Pratt et Whitney, au moyen d'un mandrin à ressort, formé d'une bague fendue conique extérieurement, qui produit le serrage sur la barre par son appui sur un manchon de même forme intérieure. Pour l'avance, la barre est pincée par l'extrémité d'un tube fendu, dont la pression suffit pour faire l'entraînement lorsque le tube est poussé en avant.

L'arbre des cames porte :

1° Deux tambours avec lames rapportées sur leur surface formant cames; l'une commande les mouvements de la tourelle, l'autre le mouvement d'avance et le serrage de la barre;

2° Une came qui commande le mouvement des outils transversaux;

3° Deux disques munis de taquets mobiles, l'un qui commande l'organe de changement de sens de rotation de la barre, l'autre qui a pour objet de donner en marche, automatiquement, deux vitesses différentes à l'arbre des cames et, par suite, aux tambours et aux cames.

Il est actionné par une vis sans fin, dont l'axe peut recevoir deux vitesses, l'une lente correspondant aux périodes de travail des outils, l'autre rapide correspondant aux périodes de changement d'outil; le passage de l'une à l'autre se fait par l'action de taquets mobiles qui repoussent dans un sens ou dans l'autre le levier qui commande le changement de vitesse. En général, ce levier commande une fourchette qui fait passer la cour-

roie de commande de l'arbre des cames soit sur une poulie directement calée sur l'arbre de la vis sans fin pour la vitesse accélérée, soit sur une poulie folle sur l'arbre qui porte un harnais épicycloïdal différentiel donnant une vitesse de vingt-quatre à quatre-vingts fois plus petite que l'autre.

MM. Pratt et Whitney, au lieu de faire glisser la courroie d'une poulie sur l'autre, changent instantanément la vitesse de l'arbre des cames par un embrayage automatique qui, sous l'action du disque à taquets, embraye l'axe de la vis sans fin, soit directement avec la poulie de commande, soit indirectement par l'intermédiaire du harnais épicycloïdal différentiel.

Dans les machines Pratt et Whitney, on peut régler le collet de serrage de la barre à l'aide d'une manivelle à main qui actionne un pignon et une crémaillère, et permet d'ouvrir et de fermer le collet de serrage indépendamment du mouvement automatique; de plus, un volant à main permet de faire tourner l'arbre des cames, indépendamment du mécanisme automatique, pour faciliter le montage des outils; enfin, le support de la glissière de la tourelle peut prendre trois positions différentes suivant la longueur de la pièce à travailler.

Dans les machines Herbert, non seulement le support de la glissière de la tourelle, mais encore le tambour correspondant, peuvent se déplacer, en sorte que les deux pièces conservent entre elles une même position relative.

MM. Pratt et Whitney montent les outils transversaux à tronçonner et à former sur deux chariots réglables et indépendants l'un de l'autre, alors que M. Herbert les dispose sur un même chariot. Dans la machine de M. Richter, les outils transversaux sont directement montés à l'extrémité des leviers commandés par les cames; un contre-poids fixé au chariot porte-tourelle tend à ramener celui-ci en arrière et permet de simplifier les cames montées sur le tambour de commande de la tourelle.

Les porte-outils généralement employés sont analogues à ceux des machines à décolleter; ils sont à plusieurs burins réglables avec lunette-guide.

M. Herbert emploie la filière à déclenchement automatique du type « Geometric Drill » qui ne nécessite pas de mouvement en sens inverse pour le détaraudage. Le porte-filière est à ressort et rend le jeu de la filière possible dans le sens de l'axe de la pièce; il permet donc de tailler des filets de pas légèrement différent avec l'avance constante que le tambour à cames imprime à la tourelle. Au moyen d'une butée réglable disposée dans le corps de la filière, les coussinets s'ouvrent automatiquement lorsque la longueur des filets est atteinte. Après que les coussinets se sont ouverts automatiquement, la rotation de la tourelle provoque leur fermeture, de sorte qu'ils se trouvent en position pour l'opération suivante.

MM. Pratt et Whitney emploient un nouveau porte-filière « système Randles », qui fonctionne sans mouvement d'avance de son support et permet, par conséquent, de s'affranchir de la préoccupation de l'uniformité du mouvement. Il consiste en deux plateaux, l'un fixe qui fait corps avec la queue du porte-outil, l'autre qui supporte la filière ou le taraud et est mobile le long de quatre broches perpendiculaires; un téton fait saillie

sur le plateau fixe et est réglé de façon que sa distance à l'extrémité des broches soit égale à la longueur à fileter. Quand la tourelle avance, le porte-filière mobile recule au

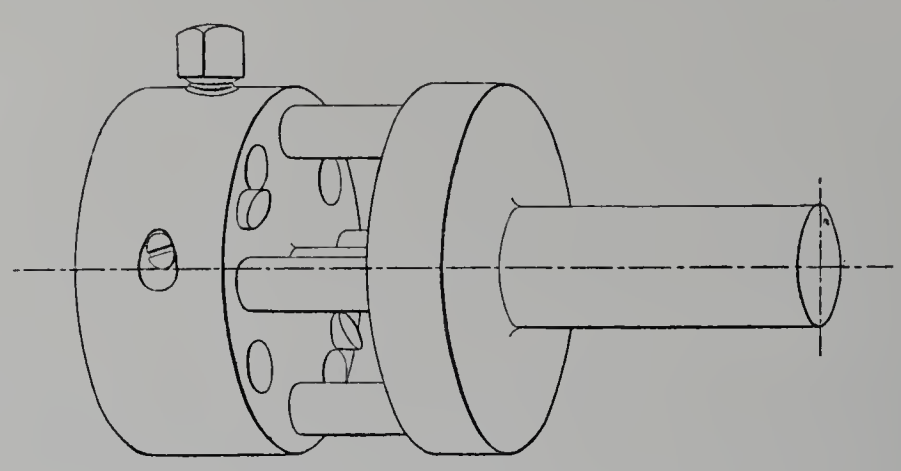


Fig. 48 *bis*. — Porte-filière «Randles».

contact de la pièce jusqu'au téton; à ce moment, la prise du filet s'effectue, la tourelle est arrêtée et la barre continuant à tourner visse en quelque sorte sur elle la filière mobile, qui avance jusqu'au moment où elle se dégage desquatre broches et tourne folle avec la barre. L'arbre des cames change alors le sens de la rotation; la barre continue à entraîner la filière mobile, mais en sens contraire jusqu'à ce que deux ergots à section oblique, repoussés par des ressorts et placés sur le plateau mobile tangentiellement au logement des broches, viennent buter contre la tête de ces broches; la filière s'arrête alors et tend à se dévisser en reculant sur les broches.

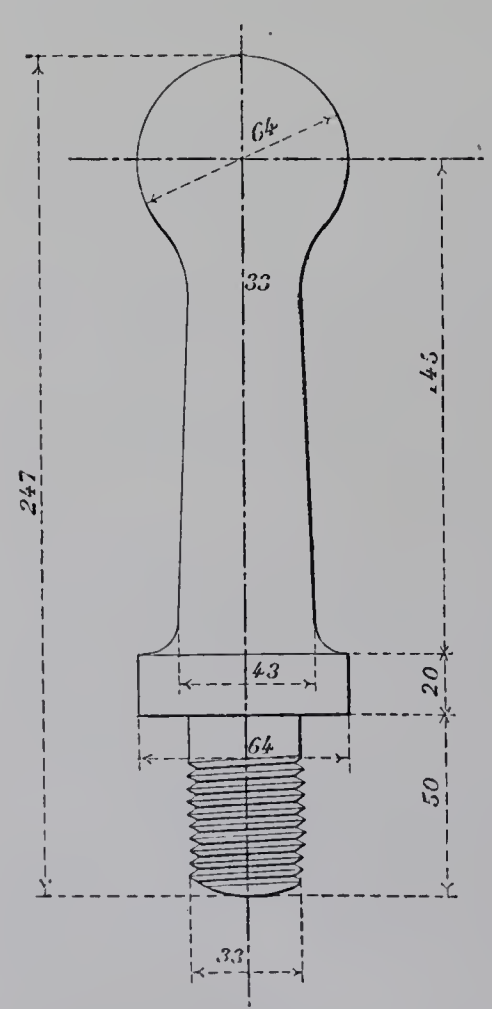


Fig. 49. — Colonnette de main courante de locomotive.

Lorsque, dans les machines de ce modèle, on a à décolleter des pièces qui n'exigent pas la totalité des outils que peut recevoir la tourelle, il est avantageux, au point de vue du rendement, de faire débiter plusieurs pièces par cycle.

Comme exemple de décolletage automatique de pièces de fort diamètre, M. Herbert avait appareillé sa machine n° 4, qui admet des barres de 63 millimètres de diamètre et peut tourner jusqu'à 204 millimètres de longueur, pour le façonnage d'une colonnette de main-courante de locomotive; la tourelle peut recevoir cinq outils; le chariot transversal reçoit d'un côté l'outil de forme, de l'autre l'outil de tronçonnage.

Le travail s'effectue en six opérations :

1° Amorçage, au moyen d'un outil d'amorçage qui chanfreine l'extrémité de la barre et l'apprête à recevoir l'action de l'outil dégrossisseur à tourner;

2° Tournage de l'extrémité par l'outil dégrossisseur;

3° Finissage de l'extrémité par l'outil finisseur;

4° Profilage de la colonnette au moyen de l'outil de forme porté par le chariot transversal. Pendant cette opération, le manchon porté par la tourelle soutient la pièce;

5° Filetage;

6° Tronçonnage par l'outil opposé à l'outil de forme sur le chariot transversal, pendant le défiletage.

Vingt minutes sont nécessaires pour l'exécution du travail; un ouvrier peut surveiller trois machines.

MM. Pratt et Whitney exposent un tour automatique du type Hartford, disposé pour la fabrication des volants de machines ou pièces similaires. Les pièces brutes de fonderie

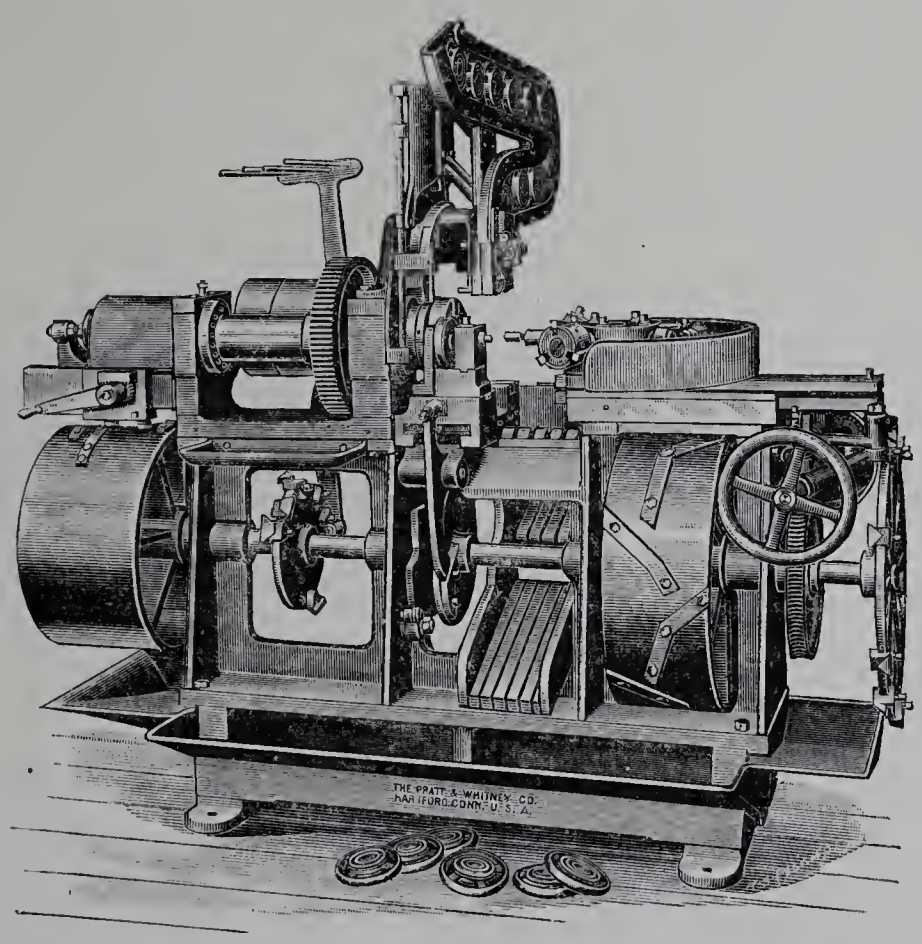


Fig. 50. — Tour automatique (Pratt et Whitney) avec magasin pour volants de machines à coudre.

sont placées dans un distributeur qui, établi au-dessus de la machine, peut descendre ou monter sous l'action d'une came, de façon que la pièce qui est au bas du distributeur arrive en face du nez du tour; les griffes du nez saisissent automatiquement le volant qui est poussé par une butée de la tourelle, en même temps que le distributeur remonte. Les différents outils de la tourelle et ceux du chariot transversal viennent successivement tourner la jante, façonner les deux côtés du moyeu, percer et aléser le moyeu, en même temps qu'un outil placé dans l'arbre principal de la poupée vient dresser la tranche opposée. Lorsque tous les outils ont fini leur travail, un mandrin à griffes porté par la tourelle, emboîte la pièce et l'enlève des griffes du nez; il s'ouvre ensuite, pendant le mouvement de rotation de la tourelle, et laisse tomber la pièce.

TOURS AUTOMATIQUES DE LA WOLSELEY S. S. M. C°.

La Wolseley S. S. M. C° construit une petite machine automatique à décolleter les vis, qui se différencie des machines du type Hartford en ce qu'elle porte sur la coulisse, au lieu d'une tourelle, un petit chariot pouvant se déplacer perpendiculairement à l'axe de la machine sous l'action de deux leviers commandés par un plateau. Les outils portés par ce petit chariot peuvent être alternativement amenés en face de la barre à travailler; sur l'un de ces porte-outils est placé un outil à charioter et, sur l'autre, une filière.

La même maison a créé récemment un type de machine automatique à décolleter des barres de 30 millimètres environ, qui, tout en rappelant les machines du type d'Hartford, en diffère cependant par diverses dispositions et, en particulier, par le revolver. La machine comprend un arbre de tour, avec mécanisme d'avance de serrage et de desserrage de la barre, comme dans les machines Hartford, deux chariots transversaux inclinés à 45 degrés qui reviennent à leur position de repos par leur propre poids, et un revolver, dont l'axe est horizontal, parallèlement à l'axe du tour, et les outils disposés sur sa tranche verticale.

Les poulies fixe et folles de l'arbre du tour pour la marche dans les deux sens ne sont pas supportées directement par l'arbre creux de la poupée; on a interposé entre l'arbre et les coussinets deux douilles cylindriques placées côte à côte et laissant entre elles un espace vide dans lequel se trouvent une butée à billes et une forte bague; celle-ci est calée sur l'arbre creux de la poupée et la poupée fixe en est rendue solidaire au moyen d'une longue vis; dans ces conditions, l'effort de traction des courroies est reçu tout entier par les douilles, au lieu de réagir sur les coussinets de l'axe.

L'arbre des cames est placé longitudinalement sous l'arbre principal et porte :

1° Un tambour sur lequel sont fixées les cames rapportées, qui commandent le desserrage, l'avance et le serrage de la barre;

2° Les plateaux à butées réglables, qui commandent les fourchettes de débrayage;

3° Le plateau à cames de commande des chariots transversaux;

4° Le plateau à touches de commande de la variation de vitesse du revolver; ce plateau porte, en outre, des cames, qui agissent sur le talon d'un verrou à ressort pour libérer ou empêcher la rotation du revolver;

5° Le disque muni de taquets mobiles pour la commande, en marche, de la vitesse lente ou rapide.

Le revolver est formé de deux cylindres concentriques ayant un fond commun sur lequel sont montés cinq outils; la surface extérieure du plus gros cylindre porte cinq rainures fraisées correspondant aux cinq trous des porte-outils; un verrou poussé par un fort ressort s'engage dans les rainures et s'oppose en temps normal à la rotation du barillet, tout en lui permettant de prendre un mouvement de va-et-vient. Un manchon qui peut tourner sur lui-même, mais non se déplacer longitudinalement, est engagé dans l'espace annulaire ménagé entre les deux cylindres; son extrémité, taillée obliquement à l'axe,

forme une rampe sur laquelle est maintenu en contact, au moyen d'un fort ressort à boudin, un galet porté par le cylindre extérieur du revolver; lorsque ce manchon est animé d'un mouvement de rotation, il force le revolver, dont la rotation est empêchée par le verrou, à se déplacer longitudinalement dans un sens ou dans l'autre. Aucun dispositif spécial n'est nécessaire pour provoquer la rotation du revolver pour le changement d'outil; une fois le verrou dégagé, l'adhérence du galet sur la rampe du manchon est suffisante pour faire tourner tout l'ensemble jusqu'à ce que le plateau à cames permette au verrou d'enclencher de nouveau le revolver.

Le manchon-rampe transmet par un train d'engrenages à l'arbre des cames un mouvement de rotation qu'il reçoit lui-même par roue et vis sans fin d'un arbre parallèle à l'axe de la machine. Cet arbre, qui est directement commandé par le renvoi, peut transmettre une vitesse variable au manchon; à cet effet, il est coupé en deux parties dont les extrémités sont reliées par l'ensemble de deux disques de friction qui embrassent les deux plateaux portés par les deux extrémités de l'arbre; l'ensemble de ces deux disques peut se déplacer sous l'action des touches du plateau porté par l'arbre des cames et faire ainsi varier la vitesse que l'arbre reçoit et transmet. L'outil peut donc recevoir, à tout instant, une vitesse linéaire de coupe appropriée au travail; de plus, à une position déterminée des disques correspondent deux vitesses, l'une très rapide, l'autre lente, suivant que l'arbre transmet directement le mouvement ou qu'un train planétaire intervient; l'embrayage de l'une ou l'autre vitesse a lieu sous l'action des butoirs du cinquième plateau; la vitesse lente convient à la période de travail des outils, la vitesse rapide est utilisée dans les mouvements auxiliaires de la machine, retour de l'outil, rotation du revolver, etc.

MACHINES SPÉCIALES.

Machine à façonner les bouts des galets de roulement des machines agricoles (Deering Harvester Company). — Comme exemple de spécialisation des machines à décolleter automatiques, nous citerons une machine à façonner les bouts des galets de roulement des machines agricoles qu'exposait la Deering Harvester Company.

Pour fabriquer ces galets, on sectionne au moyen d'une machine spéciale de longues tiges d'acier en tronçons qui sont mis dans la trémie de la machine qui nous occupe; un mécanisme particulier les pousse un à un et les maintient un instant fixes entre les deux outils qui tournent et avancent en façonnant simultanément les deux extrémités de la tige, à la forme voulue.

Chacune des broches porte-outils, situées dans le prolongement l'une de l'autre, reçoit un mouvement de rotation et un mouvement de va-et-vient longitudinal, rapide pendant l'approche et le retour, lent pendant le travail de l'outil. A cet effet, le mouvement longitudinal est pendant l'approche et le retour commandé par des roues de friction, puis, pendant le travail de l'outil, qui correspond à une interruption de la roue menée, par un renvoi à rochet partiel de course réglable. Les tronçons de barre poussés par un doigt passent de la trémie dans le chariot avanceur, où ils sont serrés entre deux plaques qui

IMPRIMERIE NATIONALE.

peuvent glisser l'une sur l'autre; ils sont ensuite amenés en face des outils, puis ramenés devant l'éjecteur qui chasse le galet terminé et le remplace par le suivant. Les mouvements d'ouverture et de fermeture des plaques du chariot, l'avance et le recul du chariot et le mouvement de l'éjecteur sont actionnés par des cames.

La production de la machine est d'environ 7,000 pièces par journée de dix heures.

CHAPITRE II.

MACHINES À PERCER.

Dispositions générales : machines à percer verticales avec avance à la main; machines à percer verticales avec avance automatique; machines à broches multiples; machines radiales. — Outils de perçage. — Machines spéciales : machine à percer les trous polygonaux (Angular Hole Machine Company); machine à percer automatiquement les canons de fusil (Pratt et Whitney).

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Les machines à percer sont, parmi les machines-outils, celles dont l'usage est le plus ancien et le plus répandu; sous une forme souvent primitive, on les trouve chez les peuples les moins avancés en civilisation, et on les rencontre chez les plus humbles artisans, à l'état d'appareils à main. Les procédés élémentaires de perçage à l'aide d'archets, vilebrequins, rochets, etc., ont longtemps subsisté dans les ateliers qui avaient reçu un certain développement mécanique et étaient utilisés lorsqu'il s'agissait de percer des trous sur des pièces volumineuses qu'il n'était ni facile, ni économique de transporter sur une machine.

Nous verrons dans le chapitre relatif aux machines-outils portatives quelle variété de procédés nous offre l'industrie moderne pour transporter la force motrice à distance et actionner mécaniquement des outils divers et plus particulièrement des outils de perçage; aussi les appareils à main, malgré les perfectionnements dont ils sont encore l'objet, tendent à disparaître de tout atelier qui dispose de la moindre force motrice.

Dans les travaux qui se rapportent à la bonne construction, il est rare que le perçage d'un trou puisse être considéré comme une opération secondaire; le plus souvent, c'est un point de départ dont les opérations suivantes : alésage, taraudage, etc., seront influencées par la précision qu'on aura tout d'abord obtenue; dans le cas même où il ne s'agit que de percer un trou avant de le tarauder, il n'est pas indifférent d'employer, comme certains ouvriers le font encore trop souvent, le premier foret qui tombe sous la main, ou celui dont le diamètre correspond pratiquement au diamètre de la vis ou du boulon que le trou doit recevoir. Mais c'est surtout dans le perçage des trous d'une certaine longueur que l'opération doit être méthodiquement conduite. Immédiatement deux procédés se présentent à l'esprit : faire tourner l'outil ou faire tourner la pièce.

Si le foret tourne, la pièce restant fixe, et dévie à un moment donné (fig. 51) pour une raison quelconque, la pression exercée sur sa pointe et sa résistance constituent un

Fig. 51.

couple qui tend à le faire dévier de plus en plus. Il ne pourra résister que par sa rigidité, qui interviendra d'ailleurs s'il remplit exactement le trou sur une certaine longueur; c'est le cas du foret dit « américain », le plus généralement employé aujourd'hui.

Si, au contraire, la pièce tourne et que le foret soit guidé de très près (fig. 52), l'outil, par l'effet d'une mauvaise direction, ne pourra qu'agrandir le diamètre de son

Fig. 52.

trou et se trouvera ramené vers l'axe de rotation de la pièce par la résistance de la matière.

Nous voyons que dans tous les cas il importe de guider le foret de très près à l'entrée, de façon à éviter toute cause déviatrice au début. De plus, le procédé qui consiste à faire tourner la pièce paraît de nature à mieux assurer la direction générale du trou et à convenir aux perçages qu'on effectue sur de grandes longueurs. C'est d'ailleurs dans ces dernières conditions qu'on se place quand on perce sur le tour, qui est en somme un excellent outil de perçage, mais qui, n'étant pas organisé pour ce genre de travail, a un faible rendement; c'est sur le même principe que reposent les machines à percer les canons de fusil, dont il sera question lorsque nous nous occuperons des machines à percer spéciales.

Dans les machines d'usage général qui, le plus souvent, ne s'appliquent pas au perçage de trous aussi longs, pour un diamètre aussi faible, l'outil le plus fréquemment employé est le foret dit « américain »; nous avons vu que cet outil était bien organisé pour résister aux actions déviatrices; de plus, dans les cas les plus fréquents de la pratique, il est certain qu'il est plus commode de faire tourner l'outil que la pièce; enfin, l'emploi d'une table horizontale, et par conséquent d'un outil vertical, simplifient le montage, que la pièce soit directement soumise à l'action de l'outil ou fixée dans un appareil. Aussi toutes les machines à percer d'usage général que nous allons rencontrer auront la pièce fixe montée sur une table horizontale et l'outil vertical animé d'un mouvement de rotation.

Machines à percer verticales avec avance à la main. — Dans les machines destinées au perçage de trous de petit diamètre et de faible longueur, le mouvement

d'avance n'est pas automatique. Quelquefois la table porte-pièce est mobile et se manœuvre au pied à l'aide d'une crémaillère et d'un contrepoids (Elweel et Seyrig); le plus souvent elle est fixe, et le porte-foret reçoit un mouvement de descente à la main à l'aide d'un levier qui agit à sa partie supérieure en l'obligeant à glisser dans ses coussinets (Bariquand et Marre), ou qui, à l'aide d'un pignon, engrène avec une crémaillère taillée sur le coussinet inférieur et entraîne en même temps l'arbre porte-foret (Barnes, Prentice Bros C., Richards, Dresdner Bohrmaschinenfabrik, Société Alsacienne); dans ce dernier cas, la pression du perçage est généralement reçue sur des rondelles de fibre ou des rangées de billes. Le levier de commande, équilibré par un contrepoids ou par un ressort à spirale (Société Alsacienne), donne une grande sensibilité de manœuvre, d'où le nom de « sensitives », sous lequel ces machines sont généralement désignées. Souvent une bague de butée limite la profondeur du perçage pour les trous borgnes. Le porte-foret reçoit son mouvement de rotation par l'intermédiaire d'une douille dans laquelle il coulisse; cette douille reçoit elle-même son mouvement de l'arbre principal de la machine par pignons d'angle (Bariquand n° 3, Prentice B. C.) ou par poulies et courroies, ou par poulies et disques de friction (Barnes).

Dans les machines Prentice B. C., Dresdner B. F., Société Alsacienne, le support du coussinet inférieur peut se déplacer verticalement et être réglé à la hauteur convenable.

La machine est le plus souvent montée sur colonne et la table, constituée par un simple plateau circulaire, peut pivoter autour du bâti et être fixée au point voulu. Dans les modèles les plus forts (Bariquand), la table forme potence et, sous l'action d'une vis, peut monter ou descendre, guidée par une glissière en forme de queue d'aronde disposée sur le côté du bâti.

Machines à percer verticales avec avance automatique. — Les machines à percer à avance automatique s'appliquent aux modèles plus puissants que ceux dont nous nous sommes précédemment occupés. La tête est généralement réglable et peut être déplacée pour éviter le porte-à-faux du foret; le mouvement de rotation est donné par pignons d'angle et le mouvement d'avance est communiqué à une vis (Bariquand, Beer) ou à une crémaillère (Bouhey, Dresdner Bohrm. F.) reliées à la partie supérieure du porte-foret, mais le plus souvent à une crémaillère adaptée à la douille mobile du porte-foret (Schultz, Baker, Barnes, Prentice B, Société Alsacienne, Huré, Vautier) : le mouvement d'avance est donc donné d'une façon continue par roue, vis sans fin, pignon et crémaillère, et non, comme autrefois, par à-coups au moyen d'un excentrique et d'un encliquetage.

L'arbre de commande du mouvement de rotation porte généralement un harnais d'engrenages, qui, dans les machines Barnes et de la Société Alsacienne, est complètement dissimulé à l'intérieur du cône de commande et qui, situé à l'extérieur, dans les machines Schultz et Prentice B., peut être embrayé ou désembrayé par la simple manœuvre d'un levier qui agit sur un manchon denté. Le plus souvent, le mouvement de descente est pourvu d'un déclenchement automatique (Schultz, Société Alsacienne,

Bouhey, Barnes); le mouvement une fois débrayé, le porte-outil peut se manœuvrer à la main et est, dans tous les cas, équilibré.

Les tables qui servent à supporter les pièces sont généralement mobiles et leur position en hauteur peut être réglée à l'aide d'une vis ou d'une crémaillère; le support de la machine de la Société Alsacienne est fixe et situé très près de terre; mais la possibilité de déplacer automatiquement, dans un sens ou dans l'autre, la poupée du coussinet, permet de régler sa hauteur de façon à éviter le porte-à-faux du porte-foret. Ces tables peuvent d'ailleurs s'effacer sous le foret pour permettre le placement de grosses pièces, qui sont alors fixées, à l'aide de rainures, sur la plaque servant de semelle au bâti de la machine.

Machines à broches multiples. — Plusieurs broches peuvent être montées sur la même machine et permettre le perçage successif sur un même objet de plusieurs

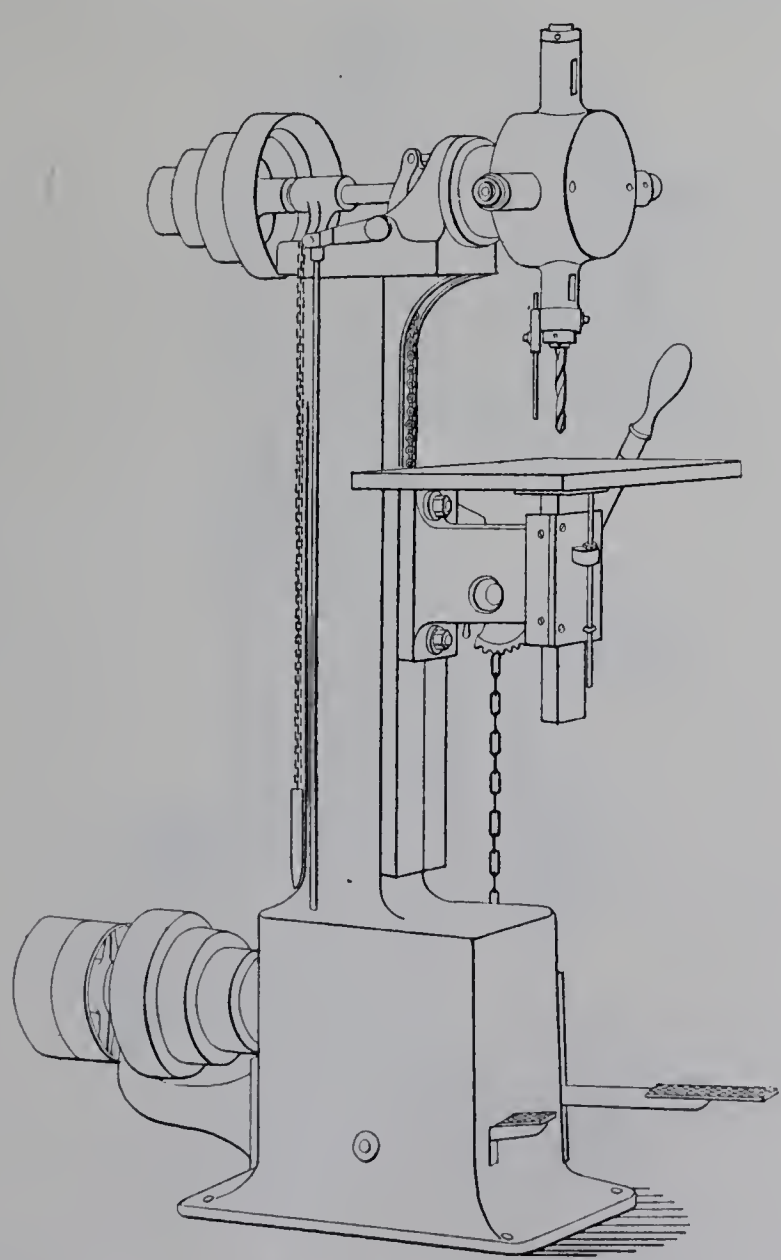


Fig. 53. — Machine à percer à tourelle Quint.

trous à des diamètres différents. La Prentice Brothers Company présentait une machine à percer du genre «sensitive» à trois porte-outils, à tête réglable, dont

chaque broche recevait le mouvement d'avance par levier équilibré, pignon et crémaillère.

M. Quint exposait une petite machine à tourelle, qui, par ses dimensions et son mode d'emploi, rentrait dans la même catégorie (fig. 53). Quatre ou six outils, suivant la force de la machine, sont disposés suivant les rayons d'une tourelle dont l'axe horizontal est excentré par rapport à l'axe de son arbre de commande, de manière à ne mettre en prise avec les plateaux de friction que le galet du foret en travail, les autres restant dégagés; un verrou, qu'on manœuvre à la main, permet d'enclencher la tourelle dans chacune de ses positions de travail. L'avance est donnée à la table de la machine par levier, pignon denté et crémaillère à la main ou par la manœuvre d'une pédale.

La machine peut être munie de porte-tarauds réversibles, type Idéal, taraudant à la profondeur voulue, s'arrêtant et remontant automatiquement deux fois et demie plus vite que pendant le taraudage.

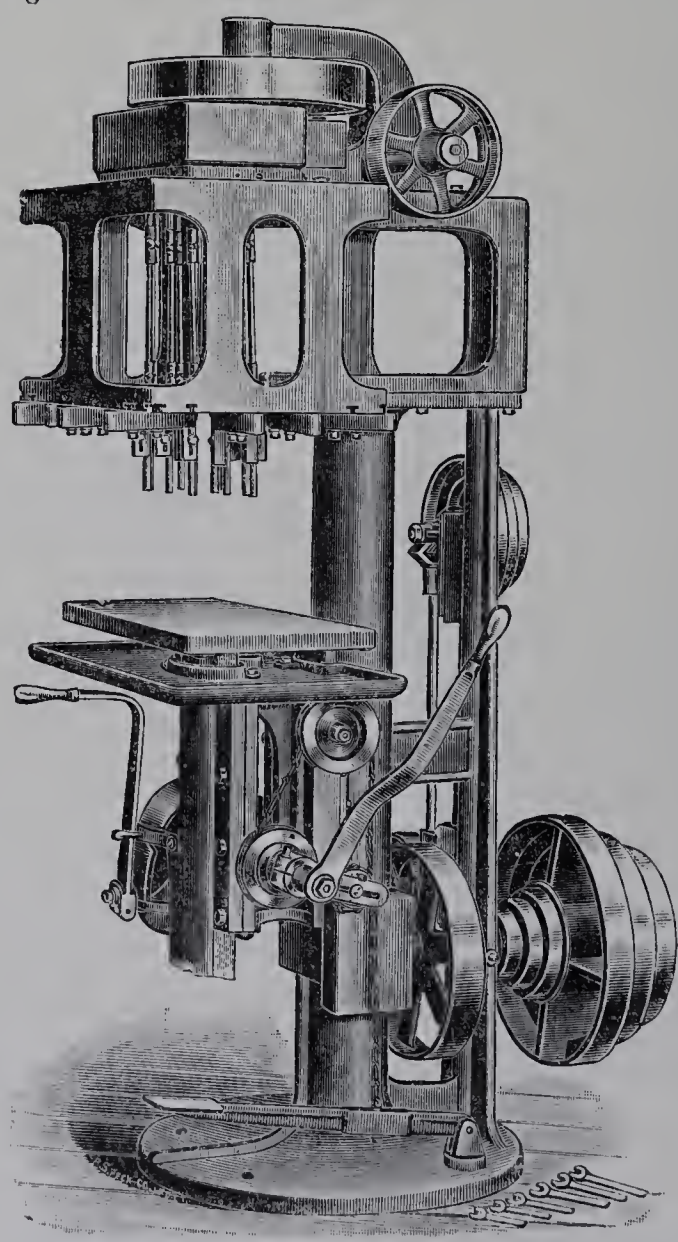


Fig. 54. — Machine à percer à broches multiples réglables avec commande mécanique de la table (Pratt et Whitney).

MM. Pratt et Whitney et la Dusseldorfer Werkzeug-Maschinen Fabrik construisent des machines spécialement disposées pour percer dans les moyeux de vélocipèdes, sou-

papes, bâtis de moteurs électriques, etc., plusieurs trous à la fois. Les broches sont reliées par des joints à la Cardan aux axes qui leur communiquent leur mouvement de rotation, et peuvent être réglées dans une position quelconque les unes par rapport aux autres; pour les ajuster, on fixe sur la table une pièce déjà percée ou un gabarit, et on introduit les forets dans les trous; les broches sont alors serrées en position. La table, qui est équilibrée et peut être fixée à la hauteur voulue, est commandée quelquefois mécaniquement (Pratt et Whitney), mais le plus souvent par levier à main, pédale ou manivelle combinés avec une butée réglable pour déterminer la profondeur des trous à percer.

MM. Sculfort et Fockedey et la Bickford Drill Company exposaient des perceuses multiples qui peuvent être avantageusement employées dans le travail des grosses pièces, lorsqu'il faut éviter les transports répétés. Les broches disposées sur une même traverse peuvent être déplacées individuellement et recevoir un mouvement de descente automatique avec débrayage indépendant les uns des autres et remonte rapide. La table porte-pièce peut recevoir un mouvement de monte et baisse.

Machines radiales. — Les machines à percer radiales comprennent essentiellement un porte-foret vertical monté sur un chariot, qui se déplace le long d'un bras horizontal, pouvant lui-même tourner autour d'un axe vertical relié au bâti de la machine; elles permettent de ne pas déplacer une pièce dans laquelle on a besoin de percer un certain nombre de trous diversement situés. Sauf dans les petits modèles, le bras peut en outre monter ou descendre pour s'approcher ou s'éloigner de la table porte-pièce. De plus, le porte-foret peut parfois s'incliner dans le plan vertical de la traverse (Lomont) et la traverse elle-même peut avoir un mouvement de déplacement autour de son axe horizontal (Bickford Drill and Tool Company, Niles Tool Work Company, Sculfort et Fockedey). Lorsque la machine possède tous les mouvements énumérés ci-dessus, le foret peut attaquer, dans les limites du rayon de son bras, une pièce sous toutes les inclinaisons dans l'espace.

La table pour tenir l'ouvrage est horizontale et située près de terre; elle supporte souvent en outre une deuxième table en forme de caisse qui peut elle-même tourner autour du bâti et s'effacer, ou encore s'incliner sous tous les angles et éviter certains mouvements du bras (Pond Machine Tool Company).

Une machine de petit modèle, exposée par M. Richards, n'a pas de mouvement de monte et baisse du bras; le bâti est constitué par une colonne cylindrique qui sert en même temps d'axe de rotation et le bras est venu de fonte avec une douille qui embrasse la colonne; cette douille, fendue à ses deux extrémités, porte des oreilles dont le rapprochement fixe la position du bras dans une orientation déterminée; c'est la table de la machine qui possède le mouvement de monte et baisse et qui se meut sur une glissière fixée au bâti.

En général, le bras peut non seulement tourner, mais encore se déplacer verticalement; dans les machines Bickford et Niles, une douille fixée au bras entoure le fût,

comme dans la machine précédente, et possède le mouvement de monte et baisse, alors que le fût roulant sur billes ou sur galets entraîne tout l'ensemble dans sa rotation; quelquefois le fût, tout en possédant un mouvement de rotation, qui, dans les plus forts modèles, est donné par roue et vis sans fin (Lomont, Sculfort, Vautier), porte une glissière sur laquelle le bras monte et descend; d'autres fois, le bâti est fixe et rigide et le bras se déplace verticalement sur une glissière en queue d'aronde; le pivotement, au lieu de se faire sur l'axe de la colonne, a alors lieu dans deux portées du chariot vertical (Pond, Prentice, Fosdick et Halloway, Kendall et Pent, Smith et Conventry). Dans ce dernier cas, le parallélisme du bras dans toutes ses positions paraît bien assuré, mais la rotation est limitée à un arc d'au plus 180 degrés.

Le mouvement part généralement d'un renvoi fixé au socle de la machine et est transmis au chariot du support et au chariot porte-outil par un train d'arbres rectangulaires à pignons coniques; dans les machines à bâti fixe, il est le plus souvent transmis à un arbre auxiliaire situé au sommet de la machine par cône et courroies, et de là communiqué, comme précédemment, au support et à la broche; toutefois, dans les machines Pond et Richards, la transmission du mouvement de rotation de la broche a également lieu par courroies. De l'arbre fixe F la rotation est donnée à l'arbre M du porte-foret

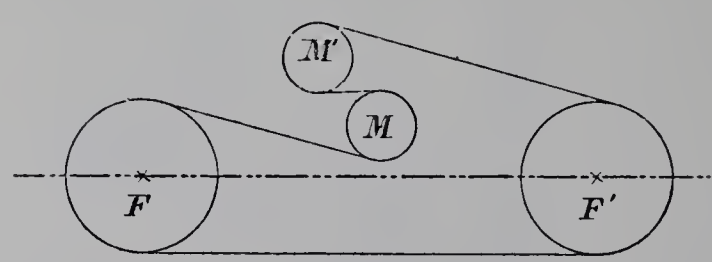


Fig. 55.

par une courroie qui s'enroule sur la poulie F, la poulie M, la poulie F', fixée à l'extrémité du bras, et la poulie M', qui se déplace, en même temps que M, sur le bras; il suffit que les deux brins FM et F'M' soient parallèles, pour que, pendant le déplacement de l'ensemble M, M', la tension de la courroie reste la même.

Le foret est disposé sur un chariot mobile le long du bras, ordinairement à la main, par crémaillère ou par vis; ce chariot présente d'ailleurs les dispositions d'une tête complète de machine à percer ordinaire et permet de donner à l'outil un mouvement de descente automatique et un mouvement rapide à la main. La plupart des machines peuvent tarauder; à cet effet, elles disposent d'un changement de marche généralement établi sur leur tête; elles font usage d'appareils spéciaux, dont le déclenchement se produit au fond du trou; l'ouvrier n'a plus alors qu'à changer la marche; nous parlerons de ces appareils dans le chapitre relatif aux machines à tarauder.

L'arbre porte-foret est équilibré généralement par un contrepoids fixé à l'extrémité d'un levier, quelquefois par une rondelle qui monte et descend le long de son axe, en même temps qu'il descend ou monte lui-même; dans ce dernier cas, la rondelle est supportée soit par deux chaînes qui s'enroulent sur deux petites poulies fixées à la partie

supérieure du chariot et viennent se fixer au sommet du porte-foret (Schultz), soit par deux tiges à crémaillères mobiles parallèles à l'axe, engrenant avec deux pignons fixés de part et d'autre du porte-foret (Sculfort et Fockedey).

La machine de MM. Kendall et Gent a sa tête munie de deux broches, l'une portant le foret, l'autre le taraud; le rapport de vitesse entre les deux broches est calculé de façon que les outils travaillent aux vitesses qui leur conviennent. Aussitôt le trou percé, on peut, par un tour de la manivelle, amener le taraud à la place du foret; le taraud s'arrête automatiquement dès qu'il parvient au fond du trou et sa vitesse de retour est double de sa vitesse de travail.

Dans une machine de M. Bouhey, créée spécialement pour le perçage des grandes tôles, le bras radial se meut sur une glissière du bâti et possède deux articulations.

Dans une machine de la « Vulkan », commandée électriquement, la colonne peut se déplacer automatiquement sur un socle; la tête porte-foret est fixée invariablement à l'extrémité du bras, et c'est le bras lui-même qui monte et baisse, tourne autour de la colonne et se déplace tangentiellement à la colonne, de façon à faire varier le rayon d'action du foret.

Enfin, les « Grant Machine Tool Works » construisent une machine, dite *semi-radiale*, qui présente la disposition générale d'une radiale dans laquelle le bras serait supprimé. Le bâti porte une colonne qui tourne sur des billes et constitue sur toute sa hauteur des glissières pour le chariot du porte-outil; la console supportant le plateau de travail est assemblée verticalement sur des glissières ménagées à l'avant du bâti; elle est soutenue par une vis centrale qui permet de l'élever ou de l'abaisser.

OUTILS DE PERÇAGE.

Le foret dit « américain » est, dans les machines de fabrication courante, presque exclusivement employé comme outil de perçage; ses conditions d'établissement sont connues depuis longtemps et ses avantages se résument ainsi : son tranchant peut recevoir un angle très voisin de sa valeur théorique; sa forme cylindrique le maintient parfaitement dans son trou et assure la direction du perçage; les copeaux se dégagent facilement dans les cannelures en hélice. Il nous paraît utile de rappeler en outre qu'on donne généralement une épaisseur croissante à l'âme, depuis les lèvres jusqu'à la queue, mais qu'en même temps, pour pouvoir toujours offrir le même dégagement aux copeaux, on fait progressif le pas des rainures hélicoïdales, de façon que le papillon qui taille talonne sur les côtés et regagne sur la largeur ce qu'il perd sur la profondeur, ou bien on laisse le pas constant et on incline progressivement la fraise sur l'hélice.

Le foret américain est non seulement utilisé sur les machines à percer dans lesquelles l'outil tourne, mais encore il est constamment employé pour le perçage des pièces animées du mouvement de rotation, en particulier sur les tours à revolver. Nous savons de plus quels avantages présente, au point de vue de la propreté et de la rapidité du perçage, la lubrification du tranchant du foret et, lorsque l'opération est possible, l'évacua-

tion des copeaux vers l'arrière de la mèche sous la pression du liquide; les mèches hélicoïdales sont souvent munies d'un conduit injecteur d'huile qui débouche, d'une part, près

Fig. 56. — Foret hélicoïdal à tubes d'huile (Morse).

des lèvres du foret et, d'autre part, dans un conduit de la queue, et qui est ou tordu avec la masse même du foret (Morse Twist Drill and Machine Company), ou formé par des tubes enroulés dans des gorges taillées sur les spires (Cleveland Twist Drill Company).

Les forets peuvent être à queue conique ou à queue cylindrique; les premiers sont généralement montés directement dans le cône de même ouverture de l'arbre de la machine ou tout au moins dans le cône d'un mandrin dont l'emmanchement extérieur est

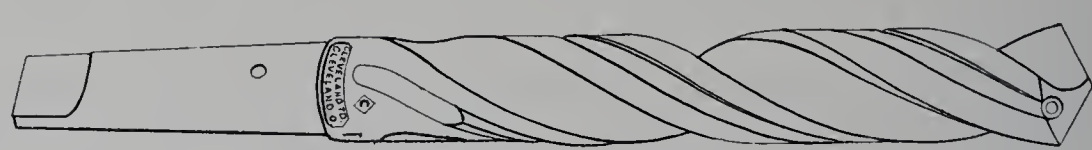


Fig. 57. — Foret hélicoïdal à tubes d'huile (Cleveland).

lui-même conique; les seconds sont plus spécialement destinés à être montés sur des mandrins universels.

En général, l'entraînement a lieu par la queue du foret; quelquefois, pour assurer le maintien sans aucun glissement possible, la tige de l'outil présente une encoche longitudinale dans laquelle peut se loger l'extrémité d'un verrou porté par un collier entourant l'arbre de la perceuse ou le mandrin. Il suffit de tourner le collier pour faire pénétrer ou sortir à volonté le verrou de son logement (Cleveland).

Lorsque la mèche à tube d'huile ne tourne pas, il est facile de la monter sur une machine quelconque en munissant l'extrémité du conduit d'une tubulure avec joint (Morse); lorsqu'elle doit être, au contraire, animée d'un mouvement de rotation, on la monte sur un mandrin muni d'un appareil qui forme joint et n'est pas entraîné dans le mouvement de rotation; après avoir emmanché le mandrin dans la broche de la machine, il suffit de relier la tubulure de l'appareil au tuyau de la pompe ou du réservoir par un tube flexible (Cleveland).

Les mandrins universels ont pour objet le montage rapide des forets à queue cylindrique; toutefois ils ont l'inconvénient d'interposer entre l'arbre et le foret une série d'emmanchements qui doivent être rigoureusement concentriques. Dans les uns, le serrage se fait par le rapprochement de griffes en forme de V sous l'action de deux vis à pas contraires (Horton); dans les autres, on opère par le rapprochement de coussinets glissant le long de surfaces coniques, par la rotation d'une bague filetée conique intérieurement (type Czar).

Comme accessoire des machines à percer, nous citerons encore l'appareil «Norris», qui permet d'utiliser des machines à percer d'assez grandes dimensions au forage de petits trous. L'appareil comprend essentiellement un mandrin à emmanchement conique

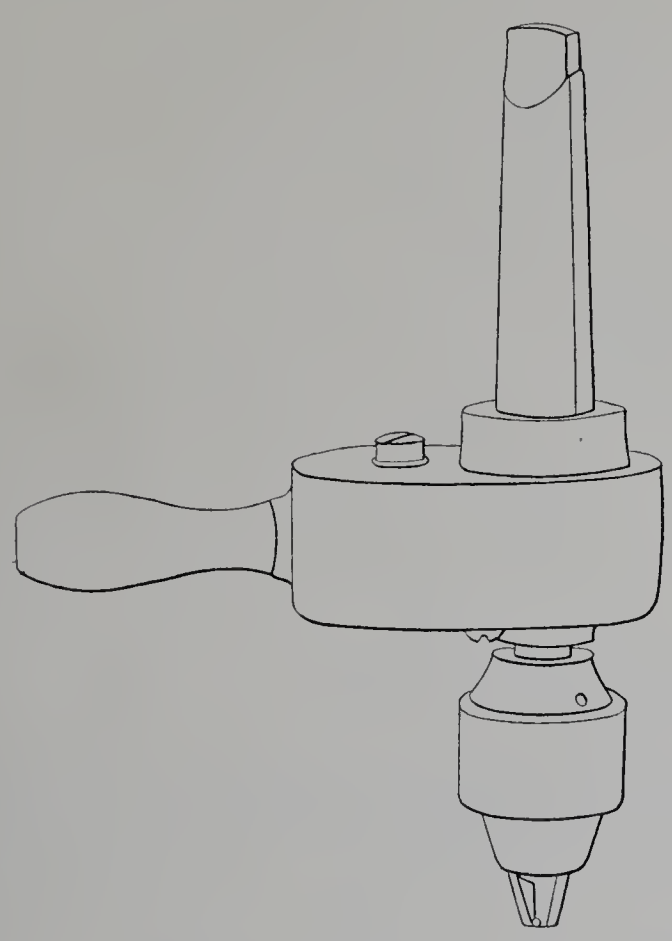


Fig. 58. — Appareil «Norris» à percer à grande vitesse.

et un mandrin universel, qui, au lieu d'être rendus solidaires, sont réunis par un harnais d'engrenages, établi pour augmenter la vitesse. Les quatre engrenages du harnais sont réunis dans une boîte, dont la queue tenue à la main ou appuyée contre le bâti de la machine peut empêcher la rotation.

Parmi les appareils à percer à main permettant de forer les parties difficilement accessibles dans les bâtis de machines, nous citerons le cliquet universel Williams, fabriqué par le Waterbury Tool Company (fig. 59). L'appareil donne une grande facilité d'emploi en produisant la rotation du cliquet par un mouvement de la poignée dans une direction quelconque par rapport à l'axe du foret. La poignée peut tourner librement autour de deux tourillons ménagés, suivant un axe oblique, sur le manchon du porte-outil; cinq cliquets à ressort, disposés dans l'évidement central du manchon, correspondent à un rochet à douze dents faisant corps avec le porte-outil; une seule dent du cliquet est en prise avec le rochet; mais, pour engager la dent suivante, il suffit d'imprimer une rotation de $\frac{1}{60}$ de circonférence. Lorsqu'on donne à la poignée un mouvement quelconque, il se produit une rotation dont l'amplitude dépend de la grandeur de la composante perpendiculaire à l'axe du foret; il suffit que cette composante corresponde à $\frac{1}{60}$ de circonférence pour que le cliquet avance d'une dent.

La raquette à percer universelle de MM. Dolder et Schmidli (fig. 60) permet de transformer le mouvement alternatif imprimé à un levier oscillant en un mouvement de rota-

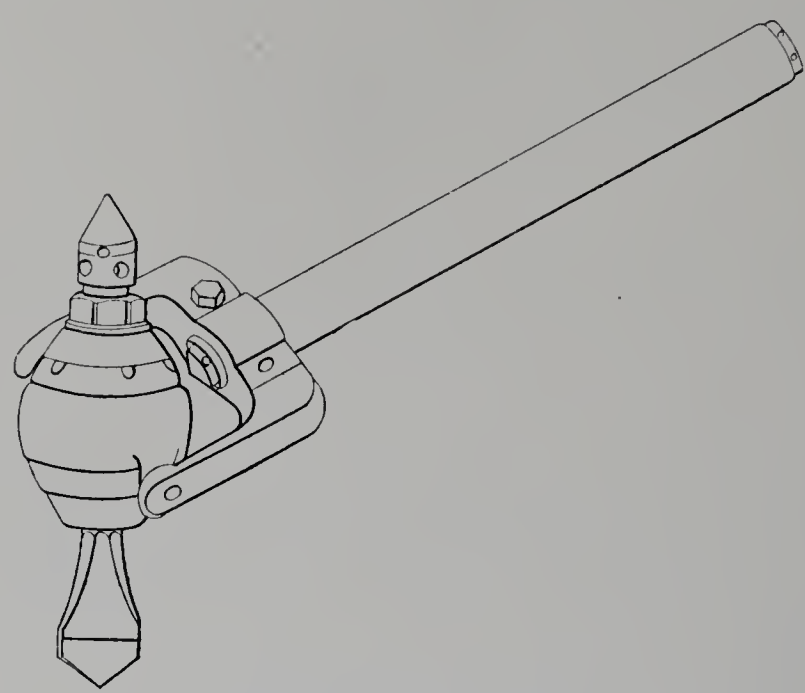


Fig. 59. — Cliquet Williams.

tion continu. Le foret reçoit sa rotation d'un pignon d'angle qui peut être alternativement commandé par deux pignons opposés, qu'un encliquetage correspondant permet au levier

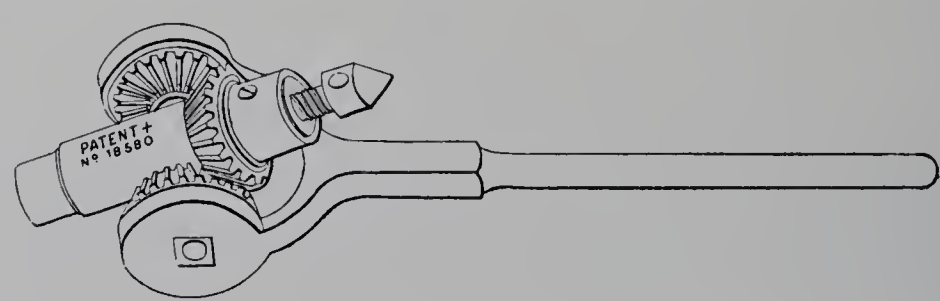


Fig. 60. — Raquette à percer Dolder et Schmidli.

d'entraîner dans un sens et de laisser libre dans l'autre; le mouvement de va-et-vient du levier produit le mouvement continu du porte-foret.

MACHINES SPÉCIALES.

Comme machines à percer spéciales, nous citerons une machine à percer les trous polygonaux et la machine à percer les canons de fusil de MM. Pratt et Whitney.

Machine à percer les trous polygonaux (Angular Hole Machine Company). — Cette machine, due à MM. Taylor et Ellis, date de 1891 et est présentée par l'Angular Hole Machine Company. Elle repose en principe sur la reproduction d'un gabarit, dans l'intérieur duquel roule un galet conique, par un couteau rotatif à section triangulaire. L'outil et la touche sont réunis par le porte-outil, qui articule en son milieu dans un

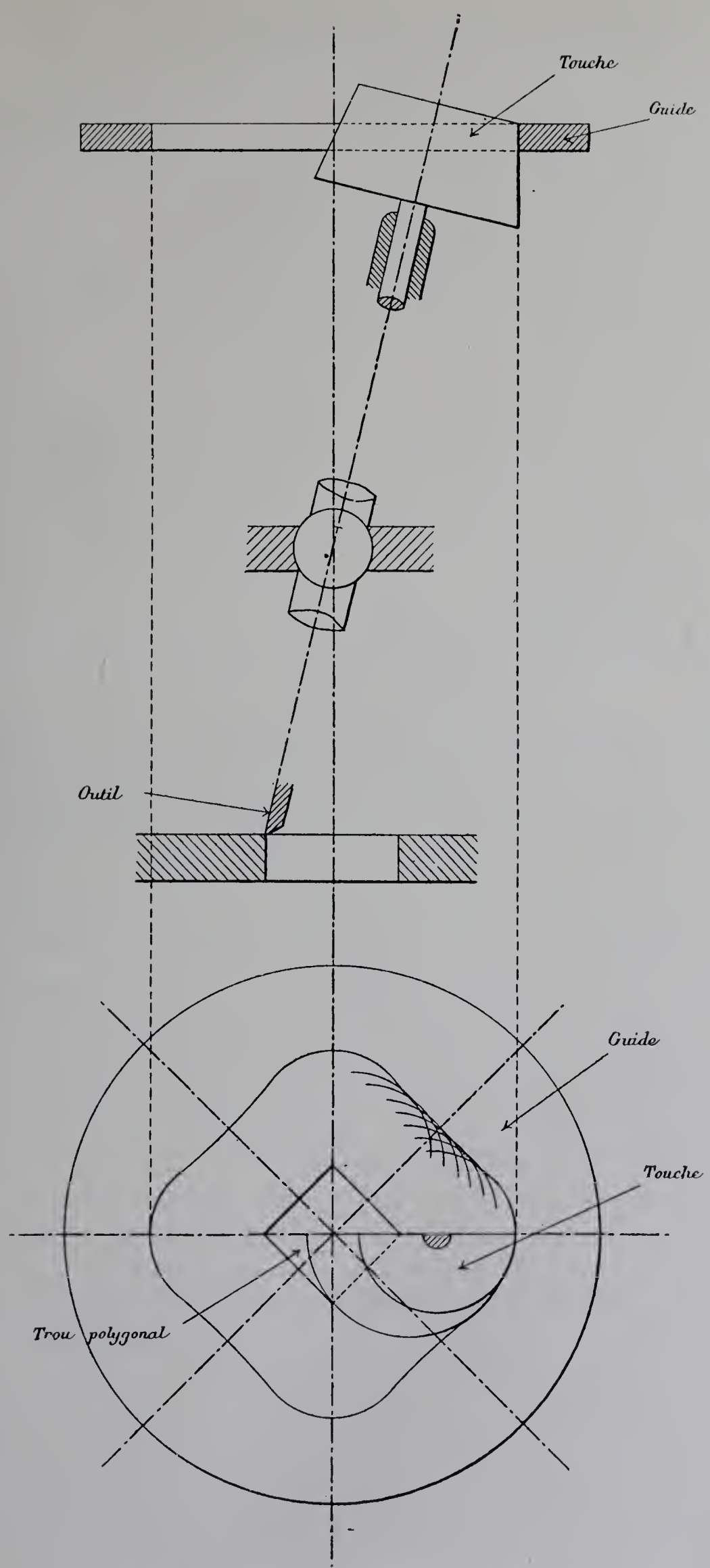


Fig. 61. — Schéma de la perceuse Taylor et Ellis (1894).

joint sphérique et peut s'incliner au gré du gabarit, contre lequel la touche reste appuyée sous l'action de ressorts. Pour reproduire la même forme sur toute l'épaisseur du métal, l'ensemble reçoit par rapport à la pièce un mouvement de descente automatique; de plus, pour l'alimentation du travail et pour pouvoir faire avec un même gabarit des trous semblables de plus en plus grands, la touche conique sous l'action d'une vis verticale peut se déplacer par rapport à l'outil, de façon à opérer sur des diamètres de plus en plus petits. Pour percer des trous ronds au début du travail, on dégage le galet ou gabarit et on ramène l'axe du porte-outil sur la verticale.

Machines à percer automatiquement les canons de fusil (Pratt et Whitney). — L'opération du perçage des canons de fusil est une des plus délicates qui se présentent dans la fabrication des armes portatives.

Tant qu'on a fait usage de canons lisses, on a pu employer pour leur confection des lames de fer qu'on enroulait en forme de tube et dont on soudait les bords le long d'une génératrice; le tube ainsi formé était ensuite alésé. Mais dès qu'on eut adopté les armes rayées, on dut, pour remédier à l'usure des rayures, recourir à l'emploi de l'acier et se mettre en mesure de percer la masse pleine du canon suivant son axe pour en faire un tube creux.

La première machine à percer les canons de fusil employée en France, et même en Europe, date d'une quarantaine d'années et est due à M. Kreutzberger; elle permettait de percer six canons à la fois. Six broches verticales, portant chacune une mèche torse, descendaient mécaniquement pendant que les canons étaient animés d'un mouvement de rotation.

Le mouvement automatique de descente était obtenu par l'intermédiaire d'une friction qui pouvait être débrayée à la main pour arrêter la descente du foret, mais qui, de plus, devait fournir un débrayage automatique quand, pour une cause fortuite, la résistance du foret à la descente dépassait les conditions normales. Nous retrouverons l'application du même principe dans la machine de MM. Pratt et Whitney.

Quoi qu'il en soit, le foret s'écartait parfois de l'axe du canon; aussi l'ouvrier devait vérifier la direction du trou tous les 10 centimètres et ramener au besoin par des coups de marteau l'axe du canon dans l'axe du trou percé.

La machine de MM. Greenwood et Batley, qui fut introduite en France vers 1887, présente sur la machine précédente de sérieux avantages, au point de vue de la rapidité et de la régularité du travail. Elle est disposée pour percer simultanément trois canons qui sont placés horizontalement et animés d'un mouvement rapide de rotation; deux mèches mi-rondes sont animées d'un mouvement de translation et percent par les deux bouts en marchant à la rencontre l'une de l'autre; dans le vide laissé dans le trou par le méplat des mèches, deux tubes injecteurs envoient de l'eau de savon à la pression de 12 kilogrammes environ par centimètre carré et, tout en lubrifiant l'outil, entraînent les copeaux vers l'extérieur. Lorsque les deux mèches se sont rapprochées à 8 centimètres environ, on vérifie la direction des deux trous et, en cas d'écart, on frappe sur la matière avec un marteau

pour la ramener dans la direction convenable, puis on opère la jonction des deux trous.

Par ce procédé, on a encore l'inconvénient de frapper brutalement le métal; de plus, en raison des opérations de dressage à effectuer en cours de perçage, il est encore nécessaire de percer à un diamètre inférieur de 0,5 à 0,8 au-dessous du diamètre final à obtenir.

La machine que présentent aujourd'hui MM. Pratt et Whitney perce des trous de 12 à 38 millimètres; elle date de 1897 et dérive d'une machine à percer des trous de 5 à 12 millimètres inventée en 1891. Elle permet de forer par un seul bout un trou continu dans la longueur du canon à un diamètre aussi voisin que possible du diamètre final à obtenir, et de supprimer pendant l'opération tout dressage ou martelage.

L'outil «système Heyer» est constitué par une mèche percée d'un trou dans toute sa longueur et soudée à l'extrémité d'un tube creux, dans l'intérieur duquel l'huile est envoyée par une pompe rotative avec une pression d'environ 50 kilogrammes par centimètre carré; la partie supérieure de la mèche porte une rainure par laquelle l'huile, après avoir lubrifié les lèvres du foret, revient au réservoir en entraînant les copeaux. La pointe du foret a la forme d'un cône à deux étages dépouillé vers l'arrière comme un foret hélicoïdal; l'arête coupante est formée par l'intersection du cône et de la rainure; elle passe légèrement en dehors de l'axe. L'avant effectue le perçage et dirige la mèche, l'arrière rectifie et alèse.

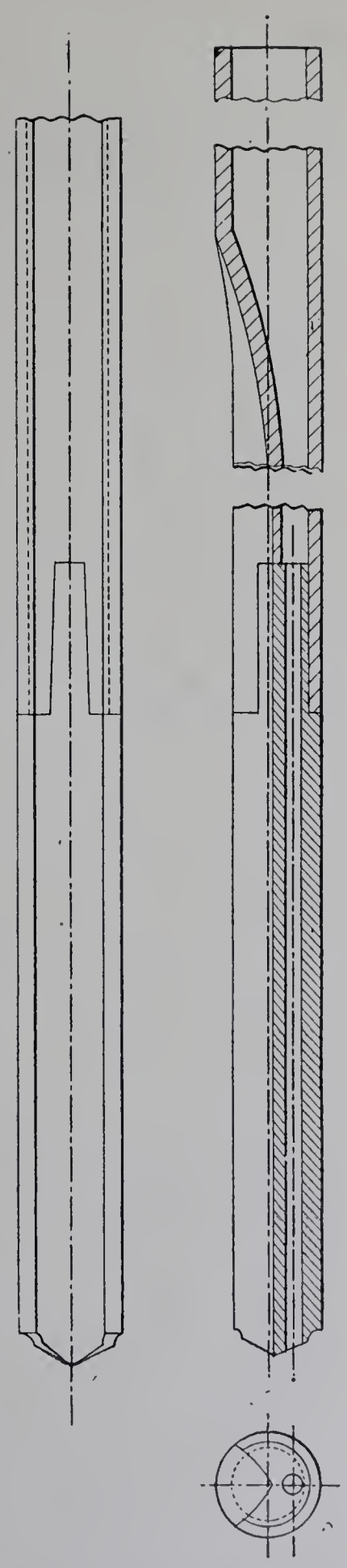


Fig. 62. — Foret de machine à percer les canons de fusil (Pratt et Whitney).

La machine est pour ainsi dire double. Elle porte deux canons qui tournent dans une position fixe, pendant que les forets avancent sans tourner; elle se compose d'un banc horizontal, sur lequel reposent, à ses deux extrémités, les deux poupées dont les broches parallèles entre elles sont complètement indépendantes. Ces broches sont munies de mandrins de serrage pour l'entraînement des canons par une des extrémités pendant que par l'autre ils reposent et tournent dans une lunette double réglable sur le banc. Les deux chariots qui portent les forets sont commandés par une crémaillère qui reçoit son avance de la broche correspondante au moyen d'engrenages; ils sont munis d'un débrayage automatique. L'axe principal de chaque poupée qui assure la rotation des broches est commandé par une

poulie, non pas directement, mais par l'entraînement que cette poulie exerce sur une rondelle de friction qui est pressée par un ressort dont la tension se règle à volonté. Si donc une résistance anormale vient à se produire, par suite d'une obstruction de copeaux, la poulie motrice glisse, la vitesse de rotation diminue et même la broche s'arrête en même temps que les outils cessent d'avancer; on dégage alors la mèche à la main, puis, lorsque l'engorgement a disparu, on ramène la broche en avant et on l'embraye de nouveau.

Grâce à ses dipositions, la machine exposée peut percer, sans aucun dressage pendant l'opération du forage, des trous de 12 à 38 millimètres, dont le diamètre n'est inférieur que de quelques dixièmes à l'alésage final; son rendement est de deux trous de 25 millim. 4 de diamètre et de 610 millimètres de longueur en une heure dans des conditions ordinaires de dureté de matière. La machine dont elle dérive et qui est destinée au perçage de trous de 5 à 12 millimètres donne la possibilité de percer un trou de 7 millim. 5 de diamètre avec une vitesse de rotation de 1,200 à 1,500 tours par minute et une avance de 0,005 à 0,010 par tour en ne laissant que 0 millim. 15 de matière à prendre pour l'alésage. Ce résultat est surtout précieux quand il s'agit d'armes de très petit calibre.

CHAPITRE III.

MACHINES À ALÉSER.

Dispositions générales; outils d'alésage.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

On peut, par l'alésage, soit se proposer de rectifier la position et les dimensions d'un trou, soit, en partant d'un trou souvent déjà rectifié, chercher à obtenir une surface lisse et polie. Dans le premier cas, l'outil a besoin d'être guidé et maintenu, autant que possible, à ses deux extrémités; il doit être rigide et couper franchement; de plus, pour éviter les flexions, la quantité de matière à enlever doit varier aussi peu que possible; dans le deuxième cas, où il ne s'agit que de faire disparaître les aspérités de la surface, on se sert d'outils ayant très peu de coupe et montés avec une liberté suffisante pour qu'ils puissent suivre la direction de leur trou.

Quel que soit, d'ailleurs, le but qu'on a en vue, toute machine, dans laquelle la pièce ou l'outil peut être animé d'un mouvement de rotation et d'un mouvement de translation suivant l'axe, permet l'alésage. Les machines à percer et certaines machines à fraiser se prêtent à l'opération; les tours horizontaux et les tours verticaux, qui ont l'avantage d'imprimer le mouvement de rotation à la pièce, permettent d'aléser dans des conditions favorables, les premiers les pièces longues par rapport à leur diamètre, les seconds les cylindres de grand diamètre; les tours à revolver, par la succession des

outils qu'ils mettent en jeu, sont particulièrement bien disposés pour la rectification des trous qu'ils ont eux-mêmes percés.

Toutefois, les machines d'usage général qui permettent d'effectuer les opérations d'alésage s'appliquent surtout au travail de pièces simples et de dimensions moyennes; des machines spéciales ont dû être établies pour le travail des pièces de grandes dimensions, dans lesquelles plusieurs trous sont souvent disposés parallèles, perpendiculaires ou obliques les uns par rapport aux autres. En général, les machines en question permettent non seulement l'alésage, mais le perçage même et souvent aussi le fraisage des tranches ou des surfaces qui ont une position déterminée par rapport aux trous.

Suivant les proportions relatives des pièces, il peut être avantageux d'employer soit la disposition verticale, soit la disposition horizontale. Pour les pièces d'une certaine longueur, la disposition horizontale est plus commode; elle permet de supporter la pièce sur un banc de grande longueur et de monter sur ce banc des lunettes destinées à guider les barres d'alésage. Toutefois, si l'on excepte une petite machine à aléser de la Baker Brothers Company, toutes les machines spéciales à aléser qui figuraient à l'Exposition avaient l'alésoir horizontal.

La machine à aléser verticale Baker est une variante des machines à percer construites par la même maison; elle offre cette particularité, qu'elle est disposée de façon à donner le mouvement de rotation à la pièce; de plus, le mouvement de descente automatique de l'outil peut varier en un point déterminé de la course, croître jusqu'à quatre fois sa valeur normale et revenir ensuite à cette dernière jusqu'au moment où le travail est terminé. A cet effet, l'arbre à vis sans fin, qui transmet le mouvement d'avance au mécanisme à crémaillère du porte-outil, opère soit directement, soit par l'intermédiaire d'un harnais d'accélération par le déplacement d'un manchon d'embrayage à griffes provoqué par le passage des butées du porte-outil convenablement placées. La disposition est utile lorsqu'il s'agit d'aléser des pièces qui portent en leur milieu des évidements sur lesquels l'alésoir ne doit pas agir; elle évite à l'ouvrier l'embrayage et le réembrayage du mécanisme de descente et lui permet de conduire un plus grand nombre de machines sans perte sensible de temps.

Les différents alésoirs que nous allons maintenant passer en revue sont tous disposés horizontalement. Dans le type le plus fréquemment employé et pour ainsi dire classique, le cylindre à aléser est posé horizontalement sur des supports fixes et solidement établis dans cette position; l'outil se compose de couteaux disposés sur la circonférence d'un disque que l'on fait tourner autour de son axe et auquel on donne en outre un mouvement de translation suivant l'axe; ce disque reçoit son mouvement de rotation d'un arbre cylindrique creux reposant sur des paliers fixes et peut, en outre, glisser le long de cet arbre sous l'action d'une vis intérieure commandée par un train différentiel; de plus, un bras calé sur l'arbre est muni d'un porte-outil à vis dont l'avance est produite par le pivotement d'une étoile à chaque passage d'un des rayons sur un taquet, et permet, en même temps que l'alésage, le dressage des brides.

IMPRIMERIE NATIONALE.

C'est la disposition que nous trouvons dans la machine à aléser les cylindres à vapeur de locomotives montés sur châssis, exposée par la Société « Vulkan »; les deux paliers porte-arbre se fixent snr les brides du cylindre à aléser et la commande a lieu à l'aide d'un électrocuteur mobile.

Dans l'aléseuse ponr cylindres de la Société Alsacienne, le porte-outil est fixe sur la barre d'alésage, et c'est la barre elle-même qui se déplace. Une forte plaque de fondation porte une poupée fixe, une poupée mobile et, sur un prolongement, un pied supportant un banc relié à la poupée fixe. Chacune des poupées est munie d'une douille dans laquelle passe la barre d'alésage et d'un support volant à deux porte-outils servant au dressage. La barre d'alésage, d'un diamètre de 350 millimètres, porte un plateau aléseur à plusieurs outils, que l'on fixe solidement sur la barre en un point quelconque suivant les pièces à aléser. Cette barre, guidée dans des douilles tournant dans les paliers des poupées fixe et mobile, tourne librement à l'arrière dans une boite serrée dans la tête d'un chariot coulissant sur le banc relié à la poupée fixe. Le diamètre extérieur de la boîte est égal à celui de la barre, ce qui permet de serrer celle-ci en un point quelconque de sa longueur dans la tête du chariot et de la retirer mécaniquement jusqu'à la poupée fixe, soit pour la mise en place, soit pour l'enlèvement des pièces à aléser. La commande a lieu par moteur électrique, et la barre d'alésage devant pouvoir tourner dans un sens ou dans l'autre, le rhéostat de mise en marche du moteur est muni d'un communateur à deux directions permettant de régler à volonté le sens de rotation.

Dans une catégorie de machines qui conviennent à l'alésage de cylindres de moyennes dimensions et de pièces détachées de hauteur variable, la table qui porte l'ouvrage est réglable en hauteur parallèlement à la broche, à l'aide de vis de réglage commandées à la main ou mécaniquement; elle porte deux chariots en croix qu'on peut faire cheminer suivant l'axe de la machine ou perpendiculairement à celui-ci. La tête de la machine porte les mécanismes de variation et de renversement de marche usités dans les tours, mais, de plus, la barre d'alésage traverse le cône et reçoit son mouvement d'avance par un train différentiel. L'extrémité libre de la barre est guidé dans une lunette placée dans le haut d'un étrier qui sert également à fixer la table lorsqu'elle a été amenée à la hauteur voulue (Renard, Société Alsacienne, Bement-Miles, Warner et Swasey, Usines de Koping).

M. Renard ajoute une commande automatique au chariot de la table et peut ainsi transformer l'appareil en machine à fraiser.

Dans la machine à aléser les cylindres M^le^ État belge, construite par M. Demoor, la table n'a pas de mouvement de monte et baisse, mais possède un mouvement longitudinal automatique et à la main, commandé par plateau de friction, et un mouvement transversal à la main. L'arbre horizontal portant le banc d'alésage peut se déplacer en hauteur à l'aide d'un chariot vertical; la lunette-guide, centrant la barre d'alésage, est réglée à la hauteur voulue. Il y a lieu de remarquer que l'opération qui consiste à mettre la lunette en rapport avec la broche est toujours longue et difficile et qu'il

semble préférable, quand la nature du travail ne s'y oppose pas, de conserver exactement alignés les axes de la broche et de la lunette.

Toutefois, le déplacement du chariot d'alésage devient nécessaire lorsqu'on veut exécuter plusieurs opérations successives ou simultanées sur une même pièce de machine, sans en modifier la fixation, en particulier quand on doit aléser des trous parallèles; on donne, en outre, un caractère d'universalité à la machine en ajoutant un mouvement automatique longitudinal et transversal au chariot et un plateau rotatif; on arrive ainsi à pratiquer sur une même pièce, sans la déplacer, des opérations non seulement d'alésage, mais de perçage et de fraisage.

M. Huré expose une machine universelle à aléser bien disposée pour exécuter en même temps les opérations de fraisage, mais dans laquelle l'outil n'a pas d'avance le long de son axe. La semelle forme une sorte de banc de tour, sur lequel peuvent se mouvoir automatiquement un système de deux chariots rectangulaires surmontés d'un plateau circulaire; un support de lunette, avec réglage en hauteur, peut se déplacer sur le banc. A l'une des extrémités est fixé un montant sur lequel coulisse le support de l'arbre porte-outil. Le cône de commande, muni d'un harnais d'engrenages, est situé à la partie inférieure de la machine; il transmet le mouvement de rotation à l'arbre porte-fraise et à un mécanisme de changement de marche, d'où part la commande automatique, soit du support vertical de l'arbre porte-outil, soit du support de la pièce.

Le constructeur ajoute à volonté à la machine sa tête de fraiseuse universelle à arbre unique, permettant de pouvoir travailler les pièces avec une fraise horizontale ou verticale ou même à orientation quelconque.

Les machines de MM. Fetu-Defize et de M. Vautier présentent les mêmes dispositions d'ensemble que la machine précédente, mais elles conservent leur caractère général de machine à aléser, et le porte-outil, monté sur un chariot équilibré, peut se déplacer le long de son axe à la main ou automatiquement. Toutefois la commande principale de la machine est placée, chez M. Vautier, en hat de la console, et il y a lieu de craindre que la courroie, en exeçant une traction oblique sur un aussi grand bras de levier, n'occasionne, sous l'action des variations de résistance, des trépidations nuisibles à la qualité du travail.

Nous arrivons maintenant aux machines dans lesquelles le montant qui supporte le porte-outil a, en plus des mouvements précédents, un mouvement de déplacement le long du banc; l'outil se meut alors à la main ou automatiquement, dans l'un ou l'autre sens dans trois plans perpendiculaires; des bloquages assurent la fixité des chariots dont le mouvement n'est pas employé.

Dans la machine construite par la Niles Tool Works Company, les pièces sont boulonnées sur une table de grande surface au niveau du sol; l'arbre peut se déplacer suivant son axe de 914 millimètres et verticalement, le long du montant, de 1219 millimètres; le déplacement du montant le long du banc est lui-même de 2438 millimètres.

La machine de M. Ernault est à commande électrique et peut se déplacer facilement dans l'atelier de façon à venir s'accoler au bâti sur lequel elle doit opérer; mais, ici, ce

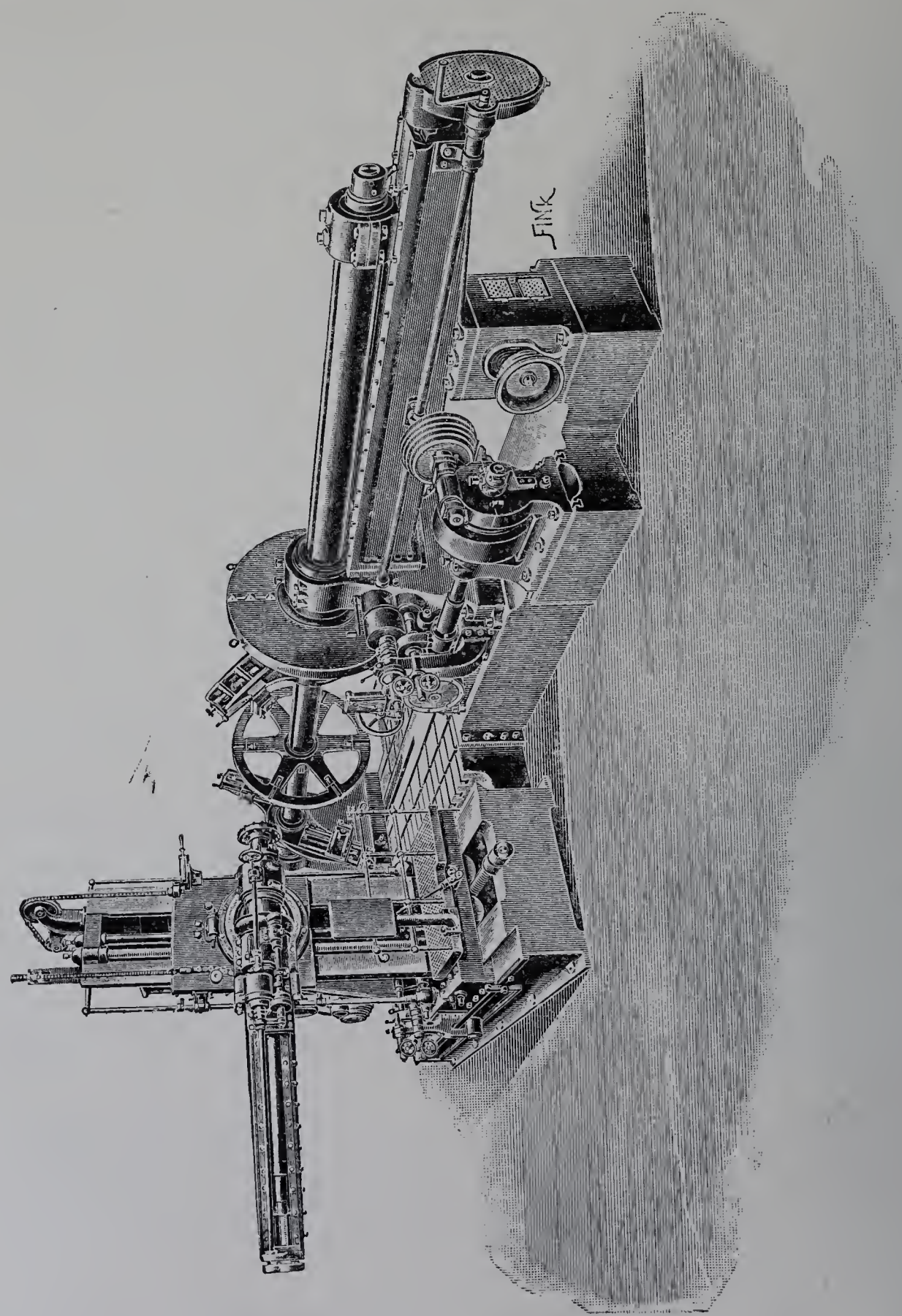


Fig. 63. — Aléseuse-fraiseuse combinée avec l'aléseuse pour cylindres (Société Alsacienne).

n'est pas la barre même qui se déplace suivant son axe, l'outil reçoit son avance par l'intermédiaire d'un chariot horizontal sur lequel il est monté; cette disposition évite le porte-à-faux trop considérable que prendrait la fraise à une certaine distance du support.

La Société Alsacienne munit le chariot vertical d'un support pivotant qui permet d'incliner le porte-outil et de le faire travailler sous des angles variant de 30 degrés de chaque côté de l'horizontale. Elle combine la machine ainsi complétée avec la machine à aléser les cylindres dont il a été précédemment question, en la montant sur un banc parallèle à l'axe de celle-ci, et donne le moyen de faire, simultanément avec l'alésage ou l'arrasage du cylindre, des travaux de fraisage, dressage de surfaces, alésages de logements de tiroir, alésages des paliers des arbres de couche dans les bâtis à bayonnette, etc.

La machine peut d'ailleurs être employée séparément. Commandée directement par un moteur électrique de 11 HP à une tension de 220 volts, elle se compose d'un banc robuste à larges glissières, d'un bâti muni d'un chariot à cheminement vertical, avec un arbre porte-outil de 200 millimètres de diamètre. Le banc porte entre ses glissières et dans son échancrure une forte vis à filet rectangulaire fixée à demeure et soutenue au milieu par un support mobile. La paroi longitudinale extérieure a également une échancrure pour loger, avec isolation, les rails conducteurs du courant électrique. Le bâti, avec une base de grandes dimensions, est muni, à l'avant, de larges glissières verticales sur lesquelles se déplace le chariot porte-outil, et, à l'arrière, d'un appendice servant à recevoir le contrepoids du chariot ainsi que le siège de la carcasse du moteur. Cet appendice contribue à donner au bâti la rigidité nécessaire pour éviter les vibrations pendant les travaux d'alésage et de fraisage. Le bâti se déplaçant sur le banc, la canalisation du courant électrique entre les rails, le rhéostat et le moteur a lieu par des balais frotteurs et des fils de cuivre isolés; les premiers sont portés et abrités par un support en fonte et les seconds sont logés dans des tuyaux Bergmann. Le rhéostat de mise en marche et d'arrêt du moteur, fixé à la portée de l'ouvrier sur un support à colonne, est muni d'un commutateur à deux directions, au moyen duquel on peut régler à volonté le sens de rotation du moteur et, par suite, celui de l'arbre porte-outil, si les travaux d'alésage et de fraisage l'exigent.

Outils d'alésage. — Les outils d'alésage employés sur les machines que nous avons eu à examiner comprennent soit des couronnes d'outils, soit des lames auxquelles on donne la saillie convenable sur la barre. M. Huré propose l'emploi de lames en acier parfaitement calibrées et rectifiées après la trempe au diamètre exact qu'elles doivent aléser; ces lames sont montées dans des porte-lames, pourvues de mortaises carrées, et serrées par une vis placée normalement à la mortaise; l'affûtage se fait sur la face coupante *ab*, de façon à conserver son diamètre exact à la partie qui sert au calibrage (fig. 64).

La fraise est également employée comme outil d'alésage; mais nous rappellerons que, si elle est susceptible de donner un beau poli, elle a une tendance à suivre le trou du perçage; c'est d'ailleurs l'outil qui convient aux trous de faibles dimensions, et nous l'avons déjà rencontrée sur les machines à décolleter. Souvent elle est guidée par sa partie antérieure taillée en forme de tronc de cône, parfois elle est rendue expansible par suite de la présence de fentes longitudinales dans leur partie médiane et d'un man-

droit conique qui se visse à leur intérieur et les forces à s'ouvrir plus ou moins. Dans les alésoirs qui, déstinés à polir le trou, doivent avoir peu de coupe, on dispose parfois les

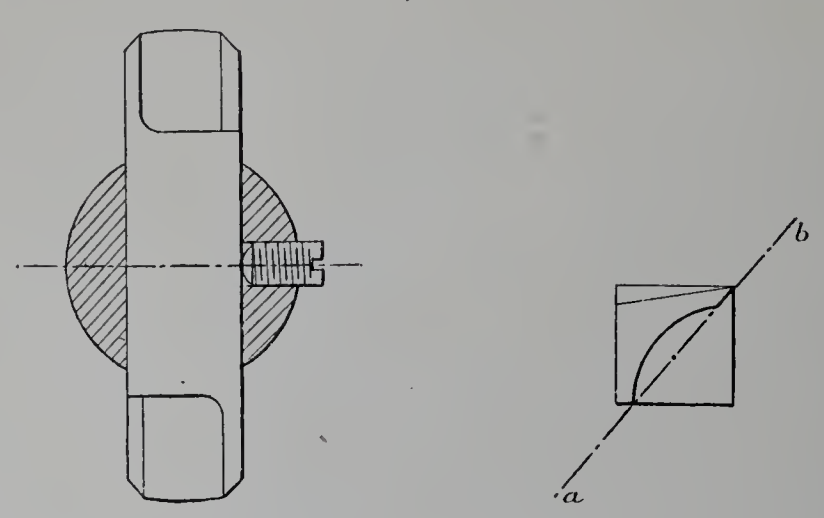


Fig. 64. — Lame à aléser «Huré»

taillants en nombre impair, de façon que la résistance éprouvée par une dent ne rejette pas toute la matière à prendre sur la dent opposée, ou encore on espace inégalement les rainures pour éviter la tendance des dents à retomber dans les mêmes cavités; quelquefois même on ne fait couper les dents que sur un secteur de la circonférence de l'outil.

CHAPITRE IV.

MACHINES À TARAUDER.

Considérations générales; machines à tarauder; outils de taraudage.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Avant d'aborder l'étude des machines à tarauder, nous devons signaler l'effort considérable accompli, depuis l'Exposition de 1889, pour l'adoption d'un système uniforme de mesures métriques dans la construction des vis. La réforme s'imposait depuis longtemps et était réclamée par la généralité des ingénieurs et des constructeurs qui, frappés des avantages qu'avait procurés aux Anglais et aux Américains l'adoption des systèmes Withworth et Sellers, basés sur les mesures en pouces, auraient voulu étendre les avantages de l'uniformisation des séries de filets aux puissances qui avaient unifié et simplifié leurs mesures par l'adoption du système métrique. Un système français, étudié, en 1894, par le Comité des arts mécaniques de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, avait été adopté par la marine, les administrations de chemins de fer et bon nombre d'établissements importants, lorsque la question fut portée sur le terrain

international par l'Union des industriels mécaniciens suisses. L'entente put se faire au congrès de Zurich, le 4 octobre 1898, et un système international fut adopté par l'Association des ingénieurs allemands, la Société d'encouragement pour l'industrie nationale (à Paris) et l'Union des industriels suisses, auxquelles s'était joint un grand nombre de sociétés américaines et européennes. Le système adopté, qui est désigné sous le nom de Système international (S. I.), est, sauf quelques modifications, celui qui avait été établi par la Société d'encouragement pour l'industrie nationale. Nous n'avons pas à entrer ici dans le détail des règles qui ont été fixées, mais nous devons constater le succès d'une réforme entièrement due à l'initiative privée et exprimer l'espoir qu'elle sera, sans tarder, universellement admise et apportera un nouvel élément au progrès général de l'industrie.

Les vis et les écrous peuvent être exécutés sur le tour à l'aide d'outils simples; la pièce tourne avec la poupée principale et l'outil, solidaire du chariot, est conduit par une vis-mère dont le mouvement est invariablement lié au mouvement de la poupée; c'est le procédé généralement employé quand on n'a à exécuter qu'un petit nombre de pièces; dès qu'on a à confectionner une série d'objets aux mêmes dimensions de filet, on a avantage à créer un outillage spécial : le procédé le plus répandu consiste à faire usage de tarauds et de filières.

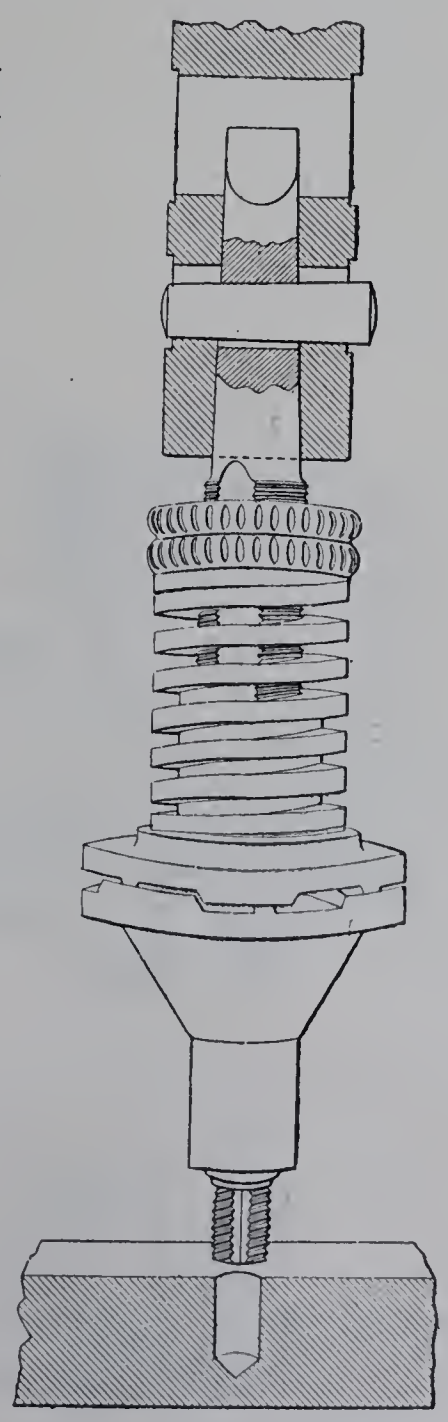


Fig. 65. — Appareil à tarauder (système Pearn).

Nous avons déjà vu l'emploi de ces outils sur les machines à décolleter, les machines automatiques à faire les vis et sur les machines à percer. D'ailleurs, par suite de leur forme et de leur disposition en hélice, ils n'ont besoin que de recevoir un mouvement de rotation et prennent d'eux mêmes le mouvement de translation ou bien le font prendre à la pièce; mais, arrivés à fin de course, ils doivent recevoir un mouvement de rotation en sens inverse pour se dégager de la pièce. Ils sont souvent montés sur des porte-outils qui se déclenchent automatiquement et deviennent fous quand ils rencontrent une résistance, butée ou épaulement de la pièce même; si le changement de marche se produit alors à la main ou automatiquement, la filière s'enclenche de nouveau et le détaraudage se produit. C'est le même principe que nous retrouvons dans l'appareil à tarauder, système Pearn, que MM. Smith et Coventry montent sur leur machine à percer radiale. Le porte-taraud est formé de deux plateaux montés sur le même axe et engrenant ensemble par des ardents, à faces inclinées, taillés sur leurs tranches voisines; ces plateaux sont pressés par un ressort. Lors-

qu'à la fin de l'opération le taraud vient à buter, le plateau inférieur s'arrête et les adents se dégagent en glissant par leurs faces inclinées et en comprimant le ressort. Il n'y a plus alors qu'à changer la marche de la machine pour détarauder.

On peut, dans le filetage des vis et des boulons, s'affranchir de l'obligation d'imprimer à la machine un mouvement de retour en sens inverse, en faisant usage de filières qui s'ouvrent quand le filetage a atteint la longueur voulue; nous en avons vu des exemples dans les filières ouvrantes des systèmes « Tucker », « Geometric Drill », « Duplex », etc., et dans les machines à décolleter Smith et Coventry et Kendall et Gent; lorsque nous passerons en revue les machines spéciales à tarauder, nous retrouverons la même disposition qui a, en outre, l'avantage d'éviter l'usure provenant du frottement des filets de l'outil contre la pièce dans le retour en arrière.

Des mandrins pour tarauds peuvent porter eux-mêmes leur changement de marche et être montés sur des machines à percer quelconques, ne possédant le mouvement de rota-

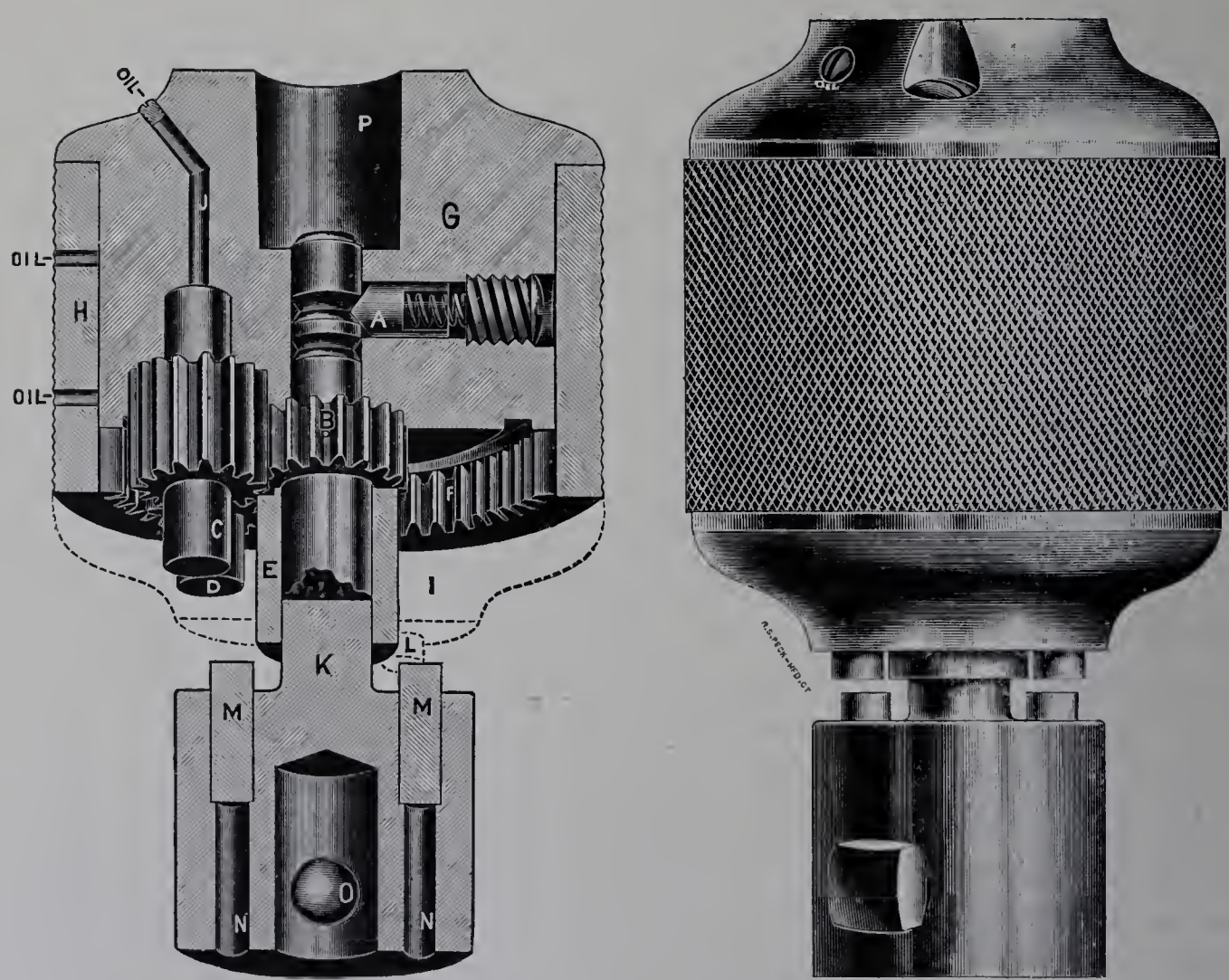


Fig. 66. — Mandrin de taraudage « Idéal ».

tion que dans un sens. L'outil emprunte à la broche de la machine son mouvement de rotation, directement pendant la période de travail et, pendant la période de retour, par l'intermédiaire d'un train d'engrenages qui est porté par l'appareil lui-même et renverse le mouvement. C'est le cas des appareils Errington et « Idéal ». Ce dernier appareil comprend deux parties : l'une, le corps, qui est monté sur la broche de la machine, l'autre,

le porte-taraud, qui peut être entraîné avec le corps par le contact de goupilles; sur le corps est ajusté, en outre, à frottement doux, une fourrure molettée qui est pourvue intérieurement d'une couronne dentée pouvant commander le pignon monté sur l'axe du porte-taraud à l'aide d'engrenages intermédiaires. Pendant le travail, le taraud est entraîné, comme s'il était emmanché directement sur la machine. A la fin du travail, la broche étant arrêtée par un butoir, le porte-taraud se dégage des goupilles, cesse de tourner et d'avancer; si alors on arrête à la main la douille molettée, l'engrenage intermédiaire, qui est entraîné par le corps, se développe sur la couronne par un mouvement épicycloïdal et transmet au porte-foret un mouvement accéléré en sens inverse; il suffit alors de remonter progressivement l'arbre de la machine pour dégager le taraud du trou.

MACHINES À TARAUDER.

MM. Bariquand et Marre emploient pour le taraudage des trous jusqu'à 20 et même 40 millimètres une sorte de machine à percer verticale, à arbre mobile manœuvré par un volant dont la commande porte trois poulies, une fixe et deux folles, avec deux courroies dont une est croisée. La pièce à tarauder est portée par le plateau de la machine. Le changement de marche se fait par le déplacement de la fourche de désembrayage sous l'action automatique d'un déclenchement opéré par la rencontre d'une butée montée sur l'extrémité filetée de l'arbre lui-même.

Les machines disposées pour le taraudage et le filetage des pièces plus fortes présentent généralement l'aspect d'un tour horizontal sur le nez duquel la pièce est montée (Vautier) ou, le plus souvent, l'outil (Acmé Machinery Company, Kendall et Gent, Despaigne); l'outil, ou la pièce, est porté par le chariot et prend de lui-même le mouvement de translation; toutefois, dans la machine de 90 millimètres de l'Acmé Machinery Company, le chariot est conduit par une vis en rapport avec le mouvement de rotation de la poupée.

Pour le filetage des boulons, on fait usage de peignes indépendants, encastrés dans des mandrins universels à rapprochement ou écartement simultané des peignes, permettant le dégagement rapide et facile des pièces après l'opération sans changement de marche. Dans la machine Vautier, la filière s'ouvre à volonté au moyen d'un volant et d'une vis à deux pas contraires; dans les autres machines, les peignes sont à serrage concentrique par cames circulaires ou par anneau à genoux (Acmé), et le déclenchement s'opère automatiquement, lorsque le filetage est arrivé à la longueur voulue.

Pour le taraudage des écrous, on remplace la filière par un taraud; les pièces, une fois taraudées, s'enfilent successivement sur la partie lisse de l'outil, dont elles sont ensuite extraites lorsque la tige est complètement garnie.

Toutefois, dans le taraudage des écrous en grande quantité, la machine, pour la facilité de son alimentation, est souvent disposée verticalement et peut recevoir jusqu'à six outils; les porte-outils équilibrés sont mobiles verticalement et sont descendus à la main jusqu'à la prise du taraud; le travail terminé, ils sont remontés à la pédale, et l'opéra-

tion continue ainsi sur chaque broche, les écrous restant engagés sur la tige du taraud, d'où ils sont enlevés comme précédemment (Acmé).

Nous citerons enfin les machines complètement automatiques à tarauder les boulons et les écrous employés dans la construction des machines agricoles par la Deering Harvester Company et la Société Mac Cormick; au sommet de la machine se trouve une trémie dans laquelle on verse une quantité d'écrous ou de boulons à tarauder; cette trémie se vide par le fond, au moyen d'un canal animé d'un mouvement de trépidation qui classe les pièces à tarauder et les amène automatiquement sous le taraud; la pièce est alors saisie par une pince, le taraud s'abaisse et fait le taraudage; la pièce terminée tombe dans un bassin placé au pied de la machine, pendant qu'une autre vient prendre sa place; la production peut être de 5,000 pièces par machine et par jour; le rôle de l'ouvrier consiste simplement à alimenter les trémies.

Les machines à filer l'extrémité des tuyaux ne diffèrent pas comme principe des machines que nous venons d'examiner; toutefois, en raison de la petitesse des pas, il est souvent nécessaire de donner, comme dans un tour, un mouvement d'avance en rapport avec le mouvement de rotation. MM. Curtis et Curtis présentent pour le filetage des bouts de tuyaux en fer forgé un appareil à main, système Forbes, perfectionné. La machine comprend essentiellement un bâti annulaire contenant à l'avant une boîte à filières, qui peut prendre un déplacement hélicoïdal résultant de son mouvement de rotation et du déplacement d'une vis-guide à l'intérieur du bâti, et à l'arrière une paire de mâchoires en V destinées à recevoir le tuyau fileté; elle porte latéralement un long pignon qui engrène avec une couronne dentée enveloppant la boîte à filières et qui, commandée à la main au moyen d'une manivelle ou actionnée par un moteur quelconque, visse la filière dans l'enveloppe au même pas que le filet à obtenir. Pour sectionner les tuyaux, la couronne dentée est portée à sa position arrière dans le bâti et tenue par un arrêt, de façon à obtenir sa rotation sans translation; un couteau plat inséré dans la couronne reçoit son avance automatique par la rotation de celle-ci.

OUTILS DE TARAUDAGE.

En dehors des outils de tour, on n'emploie guère pour le taraudage intérieur que des tarauds filetés au pas voulu. Les tarauds sont cylindriques ou cylindro-coniques ou coniques, suivant qu'ils sont destinés aux opérations de finissage, aux opérations intermédiaires ou aux opérations d'ébauchage. La partie conique est obtenue soit en arasant simplement le filet sur sa hauteur, soit en taillant les filets sur un noyau tronconique; avec le premier système, l'outil est mieux guidé; avec le deuxième, la coupe est meilleure. La partie coupante des outils est constituée par la formation de rainures longitudinales, dont la section du côté de la partie coupante se rapproche de la direction du rayon, et par un dégagement fait sur le filet même, en arrière de la partie coupante, de façon à donner à l'outil un angle d'incidence convenable. Cette dépouille peut être donnée en abattant simplement l'arête, ou mieux en conservant le profil en arrière du

taillant suivant un arc de spirale, comme dans les fraises à profil invariable. Les tarauds Pratt et Witlmey, destinés aux machines à écrou, sont dépouillés en arrière du taillant, les tarauds Morisseau et Reinecker un peu en arrière du taillant, de façon à pouvoir subir quelques affûtages sans changer de diamètre; les tarauds Bariquand et Marre ne présentent aucun dégagement. Dans les tarauds à main, qui sont sujets à être détournés pendant le travail et, par conséquent, à entraîner des limailles avec eux et à s'user rapidement, MM. Pratt et Whitney ne donnent pas de dépouille, de façon à ne pas faire varier le diamètre par l'affûtage; mais, pour diminuer le frottement, ils réduisent la largeur de la dent.

Quelquefois le dégagement, au lieu d'être droit, rappelle celui d'une mèche hélicoïdale, de façon à faciliter l'évacuation des copeaux (Société Alsacienne, Nienstœdt).

Dans leurs tarauds, système Echols, MM. Pratt et Whitney, pour diminuer le frottement, enlèvent les dents de deux en deux sur la même rainure, mais de telle façon que chaque dent laissée dans une rainure corresponde à une dent enlevée dans la rainure qui suit.

Enfin certains tarauds se terminent à l'entrée par une partie cylindrique, de façon à aléser le trou au diamètre exact du taraudage (Morisseau, Nienstœdt).

Les filières en une seule pièce ne sont guère employées que pour le filetage des vis et des petites pièces sur les tours à décolleter; quelquefois elles sont fendues de façon à faire ressort et être utilisées à des diamètres légèrement variables; comme les tarauds, elles sont évasées à l'entrée, creusées de rainures longitudinales et dégagées sur le filet. Pour les filetages plus importants, on a recours à des peignes disposés sur des mandrins universels; ces coussinets doivent couper et non refouler le métal et, par conséquent, posséder l'angle d'incidence convenable; ils sont affûtés d'une façon simple sur leur tranche.

Pour le filetage des pièces à la main, on se sert de coussinets ou de peignes réglables montés dans une cage qu'on manœuvre à la main. La filière «Grant», fabriquée par la

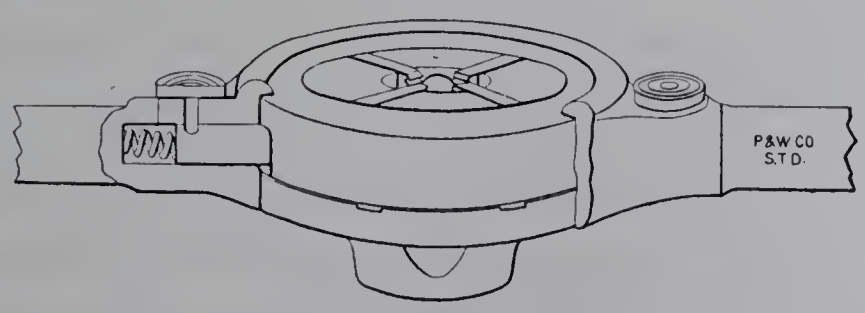


Fig. 67. — Filière «Grant».

maison Pratt et Whitney, se compose d'un noyau dans lequel sont fraisées quatre rainures radiales, dans lesquelles sont logés les peignes, et d'une bague cylindrique extérieure, qui porte sur son pourtour intérieur quatre encoches inclinées, sur lesquelles viennent s'appuyer les peignes; par la manœuvre de vis, on fait monter ou descendre la bague et, par conséquent, avancer ou reculer les peignes. La filière elle-même est fixée dans la cage par deux taquets à ressort.

CHAPITRE V.

MACHINES À RABOTER.

Considérations générales. — I. Machines à raboter proprement dites; appui de la table sur le banc, conduite de la table, traverse et porte-outils, avance de l'outil, montée et descente de la traverse. Machine à raboter à un seul montant. Machines à raboter et à fraiser. – II. Machines à raboter latérales : machine à raboter universelle de MM. Sculfort et Fockedey. – III. Étaux-limeurs : commande du mouvement de va-et-vient du coulisseau; variation de l'amplitude de la course; porte-outil, porte-pièce, mouvement d'avance; dispositions particulières, étaux. – IV. Machines spéciales : machines à rayer automatiquement les canons de fusil (Pratt et Whitney).

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Les machines à raboter, primitivement connues sous le nom de machines à planer ou à dresser les surfaces planes, sont caractérisées par l'emploi d'un outil dont l'arête coupante engendre les plans ou plus généralement les surfaces cylindriques par leurs génératrices, c'est-à-dire par une série de droites juxtaposées. Elles existaient dès 1775 dans les ateliers de Soho, chez les constructeurs des machines de Watt; plus tard, elles s'étaient développées chez les industriels anglais établis autour de Manchester. Les plus simples, sinon les plus anciennes, furent d'abord constituées d'une plate-forme fixe horizontale et d'un outil monté sur un chariot mobile; elles furent abandonnées et remplacées par des machines dans lesquelles le chariot horizontal porte-pièce était animé d'un mouvement rectiligne alternatif, au moyen d'un tirage horizontal à chaîne ou à tambour, tandis que l'outil monté sur une traverse à vis horizontale, actionnée par un rochet, parcourait successivement tous les points de la surface à dresser. Le retour dans le mouvement alternatif ayant lieu à vide, il en résultait une perte de temps, à laquelle on chercha tout d'abord à remédier. Un des premiers moyens employés consista à donner un retour rapide à l'organe mobile; c'est ainsi que, dans une machine de Fox, le mouvement alternatif du chariot était obtenu au moyen d'une poulie fixe et de deux poulies folles, à courroies l'une droite, l'autre croisée de vitesse différente; le changement de marche était assuré par le déplacement même du chariot, que conduisaient des roues dentées et une crémaillère, au lieu de la chaîne enroulée sur un tambour primitivement employée; ensuite l'ingénieur Clément munit sa machine de deux burins agissant l'un pendant l'aller pour dégrossir, l'autre pendant le retour pour finir.

Ce fut vers 1831 que les grandes planeuses furent introduites en France et utilisées pour la première fois dans les ateliers de M. Pihet; vers 1834, M. de Lamorinière imaginait de faire dresser les grandes tables de fonte de la manufacture de Saint-Gobain par une machine dont le porte-outil, monté sur un fort chariot, était tiré par une chaîne sans fin, qui passait sur des poulies de renvoi établies aux deux extrémités de la plate-forme porte-pièce; ce système fut ensuite perfectionné par M. Decoster, alors

que l'ingénieur Cavé tenait à l'emploi exclusif des crémaillères dentées, au lieu des chaînes sans fin.

Vers la même époque, Whitworth construisait sa grande machine à planer, dont le chariot porte-pièce était conduit par une forte vis longitudinale à filets carrés; mais cette vis, au lieu d'agir sur un écrou dont le frottement est toujours considérable, opérait de part et d'autre sur deux petites roues verticales établies sous une entretoise; de plus, pour éviter les pertes de temps, il disposait deux outils à retournement automatique au commencement et à la fin de chaque course. Il établissait en même temps, pour le dressage des petites pièces, ses limeuses à retour rapide, par combinaison de bielle, manivelle, excentrique et volant à outil mobile, avec ou sans retournement, et inaugurait les machines aujourd'hui si répandues, mais plus généralement connues sous le nom d'étaux-limeurs [1].

Dans la suite, les machines à planer se développèrent en France, les unes à chariot mobile, conduites par crémaillère ou par vis, les autres de moindre dimension à outil fixe; les grandes planeuses à outil mobile souvent dénommées machines à fosse, en raison de leur disposition, jouissaient chez nous d'une faveur marquée, grâce à la place relativement restreinte qu'elles occupaient, alors que les constructeurs anglais préféraient les outils fixes, comme plus stables, moins sujets à brouter et donnant par conséquent plus de précision dans le travail.

Nous retrouvons, à l'Exposition de 1867, les dispositions antérieures plus ou moins perfectionnées, en même temps qu'apparaît un type nouveau, permettant d'économiser la place, la machine à raboter verticale. Mais, en 1878, la machine à table mobile semble définitivement l'emporter sur la raboteuse à plateau porte-pièce fixe, qui dès lors paraît réservée au dressage et au chanfreinage des longues plaques de tôle; les systèmes du porte-outil à deux burins ou à pivotement, dans lesquels il est difficile de soutenir l'outil près du point où il agit, sont généralement abandonnés ou tout au moins réservés à des cas particuliers. Enfin, en 1889, le type normal de la machine à raboter comprend, comme en 1878, une table porte-pièce se déplaçant d'un mouvement alternatif uniforme sous l'outil qui n'a que des mouvements d'avance; toutefois, pour remédier aux inconvénients de ce système qui exige une longueur deux fois plus considérable que celle de la pièce à usiner et oblige la machine, dans le retour à vide, à ramener, à une vitesse accélérée, un poids qui peut être considérable, nous voyons apparaître les machines à raboter latérales système Richards, qui exigent moins de place, tout en assurant la précision dans le travail, et qui, dans une certaine mesure, participent aux avantages des machines à fosse et des machines à banc mobile. Cette tendance à réduire l'emplacement occupé et à éviter le déplacement de la pièce, sans rien sacrifier à la précision du travail, se retrouve en 1900. Les raboteuses latérales se sont développées et définitivement implantées dans les ateliers; on peut ranger dans leur catégorie, bien que les dispositions de détail soient différentes, une machine à raboter

[1] Poncelet, *Machines et outils propres aux manufactures.*

universelle de grandes dimensions, créée récemment par MM. Sculfort et Fockedey; en même temps, les grandes raboteuses à plateau mobile et les étaux-limeurs à outil mobiles ont reçu d'ingénieux perfectionnements de détail qui les rendent plus propres à l'emploi qui en est fait.

Nous allons successivement passer en revue :

I. Les machines à raboter proprement dites, dans lesquelles l'outil est généralement fixe et la table mobile;

II. Les machines à raboter latérales, dans lesquelles l'outil est mobile;

III. Les étaux-limeurs;

IV. Les machines spéciales rentrant dans la catégorie générale des machines à raboter.

I. MACHINES À RABOTER PROPREMENT DITES.

Dans toutes les machines à raboter proprement dites qui figuraient à l'Exposition, c'est la table porte-pièce qui est animée du mouvement de va-et-vient : deux montants fixés au banc supportent une traverse sur laquelle l'outil n'a que les mouvements d'avance.

Appui de la table sur le banc. — Nous retrouvons, pour l'appui de la table sur le banc, les dispositions antérieurement connues. La généralité des constructeurs américains (Flater Planer Company, Cincinnati Planer Company, Pond machine Tool Company), MM. Vautier, Lomont, Sculfort, et Fockedey, en France, la Société Vulkan, en Autriche-Hongrie, emploient deux glissières en V formées sous la table; M. Schultz, M. Kirchner et le Progrès industriel font usage de glissières plates et l'ajustement de la table est réglée par des lardons; chez M. Bouhey, la table porte une queue d'aronde venue de fonte sous les deux côtés; elle est accrochée au banc au moyen de règles rapportées sur les bords. Le graissage des surfaces de glissement est obtenu à l'aide de réservoirs d'huile, creusés dans le banc, dans lesquels plongent des rouleaux épousant la forme des glissières et maintenus en contact avec elles par des ressorts; ces rouleaux sont en bois, en acier ou en fonte.

Conduite de la table. — Le mode de conduite de la table le plus généralement employé est celui par crémaillière et pignon; il présente toutefois l'inconvénient de tendre au soulèvement de la table est d'autant plus que le rayon du pignon de commande est plus petit; aussi les Américains, M. Schultz et MM. Sculfort et Fockedey attaquent la crémaillière par des pignons aussi grands que possible; chez M. Bouhey, la crémaillière est double ainsi que le pignon qui la commande, et leur denture est chevauchée. Le Progrès industriel, MM. Elwell et Seyrig, M. Lomont, la Société Vulkan commandent la table par vis et écrou.

M. Kircheur, dans le but d'éviter la tendance au soulèvement que donne la crémaillère et l'usure qu'occasionne aussi bien l'emploi de la crémaillère ou de la vis sans fin,

a imaginé de conduire le tablier par un câble enroulé sur un tambour; il est revenu ainsi à un mode d'entraînement que nous avons trouvé au début de l'invention des

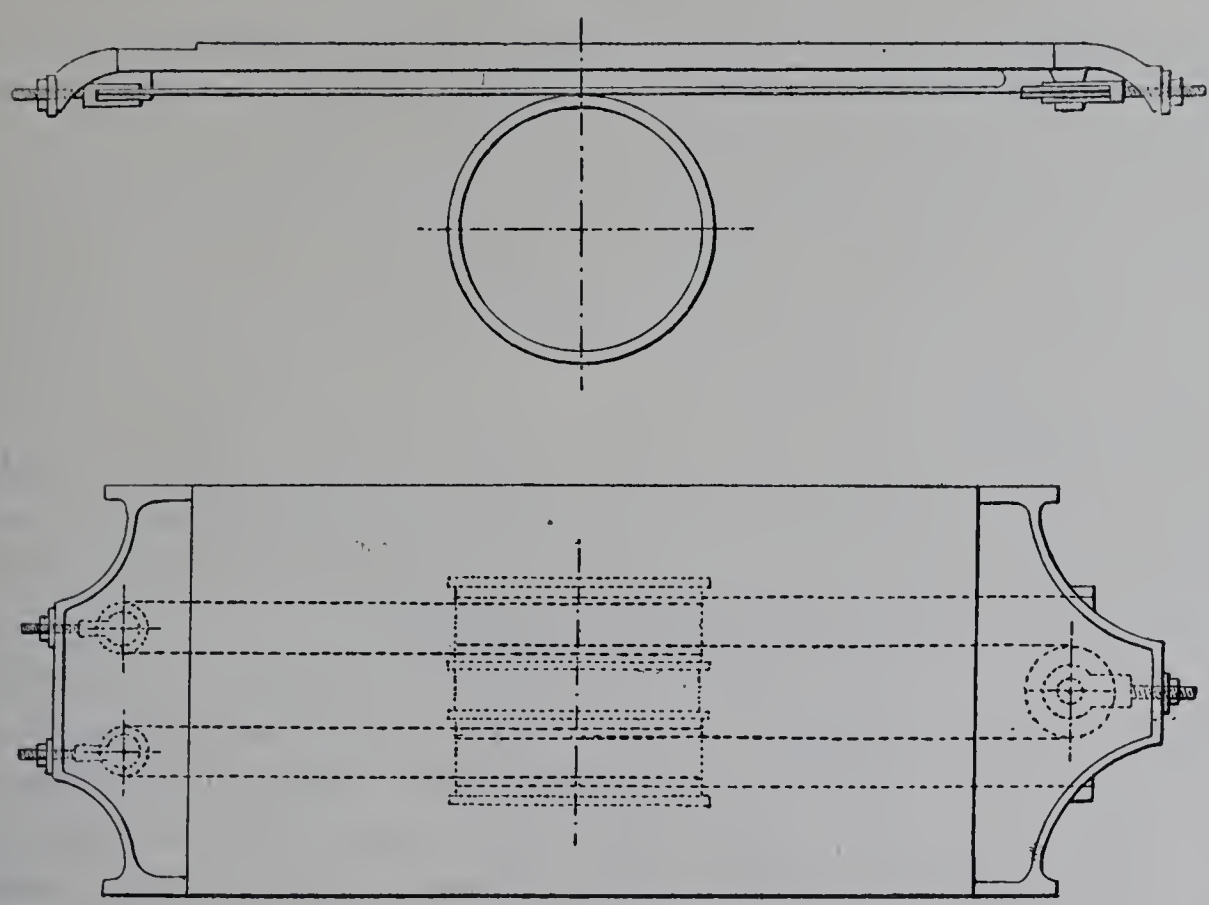


Fig. 68. — Enroulement du câble de la raboteuse Kirchner.

machines à planer. Dans la grande raboteuse qu'il exposait au Champ de Mars, le câble est subdivisé en quatre brins enroulés chacun une fois autour du tambour; ce câble passe sur trois poulies de renvoi et est attaché à ses deux extrémités; les poulies de renvoi et les points d'attache sont munis de vis de rappel qui permettent de faire varier la tension du câble.

Commande du mouvement alternatif de la table. — La commande de la table, le changement de marche et le retour rapide se font de façons différentes : M. Vautier emploie un procédé depuis longtemps en usage : trois poulies de même diamètre sont actionnées par une même courroie; celle du milieu est folle, celles des extrémités sont montées sur deux arbres concentriques l'un à l'autre et indépendants; un de ces arbres, au moyen d'un double harnais d'engrenages pour l'aller, l'autre, au moyen d'une paire de roues pour le retour, transmettent à des vitesses différentes leur mouvement à la commande de la table qui, dans le cas actuel, comprend une crémaillère et un pignon.

Le passage de la courroie d'une poulie sur l'autre est opéré par l'action de butées, fixées à la table, contre deux bras d'un levier dont un troisième bras actionne la fourche d'embrayage.

On emploie de préférence une poulie fixe entre deux poulies folles, et deux cour-

roies, l'une droite, l'autre croisée (Vulkan); la poulie fixe actionne un arbre unique, et la différence des vitesses de travail et de retour est donnée par la différence des diamètres des poulies du renvoi. Le changement de marche est toujours actionné par l'action de butées portées par la table de la machine, mais ces butées agissent sur un système articulé qui, par la rotation de cames, fait basculer les leviers des fourchettes pour les faire passer de la poulie folle sur la poulie fixe; toutefois les cames agissent successivement de façon que l'une des courroies ne passe jamais sur sa poulie motrice avant que l'autre ne soit sur la poulie folle. Le débrayage des courroies se fait ainsi en deux temps et le mode de renversement est appelé différentiel. Ce système a l'avantage sur le premier d'exiger un déplacement moitié moindre de la courroie qui n'a jamais à franchir que sa propre largeur.

Le même résultat peut être obtenu avec le système de quatre poulies : une folle et une fixe pour la course motrice, une fixe et une folle pour le retour; l'une des courroies est croisée et l'autre ouverte. C'était le procédé le plus généralement employé dans les machines exposées (États-Unis, Schultz, Bouhey, Lomont).

Le mouvement, qui se fait également en deux temps, est produit mécaniquement par les taquets de la table qui agissent sur la tête de la tringle de débrayage. Dans les machines Flater, Sculfort et Fockedey, les deux fourchettes de guidage des courroies articulent autour d'un point fixe et portent chacune, sur un bras qui leur est relié, une rainure formée de deux parties obliques l'une sur l'autre; dans chacune de ces rainures peut se mouvoir un bouton relié à la tringle. Lorsque la tringle est actionnée par les

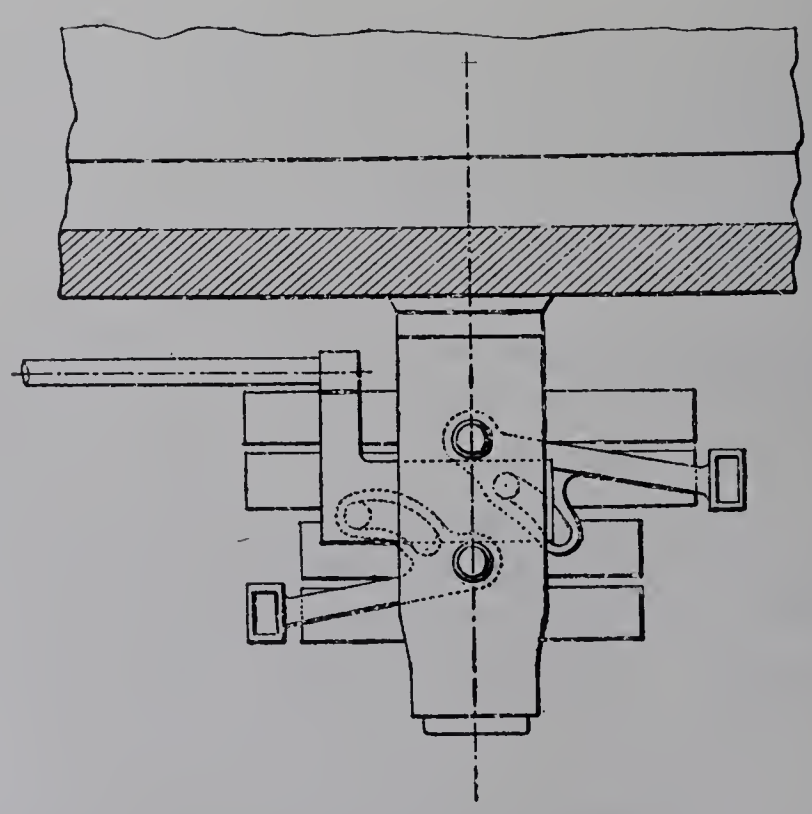


Fig. 69. — Débrayage différentiel (Flather).

taquets de la table, elle entraîne dans un sens ou dans l'autre les boutons qui eux-mêmes laissent fixes ou font osciller les fourchettes suivant qu'ils se déplacent dans des portions

de rainures parallèles ou obliques à leur mouvement : on produit ainsi successivement le débrayage d'une courroie, puis l'embrayage de l'autre. Dans les machines Pond, Cincinnati Planer, c'est aux fourchettes mêmes que le bouton est articulé, et la tringle commande la came, qui peut osciller autour d'un point fixe; cette came porte une rainure formée par une rampe oblique sur deux arcs concentriques à l'axe d'articulation, mais de rayon différent; à chaque fin de course les taquets de la table agissent sur la tringle et font articuler la came; tant que les boutons se meuvent dans les arcs de

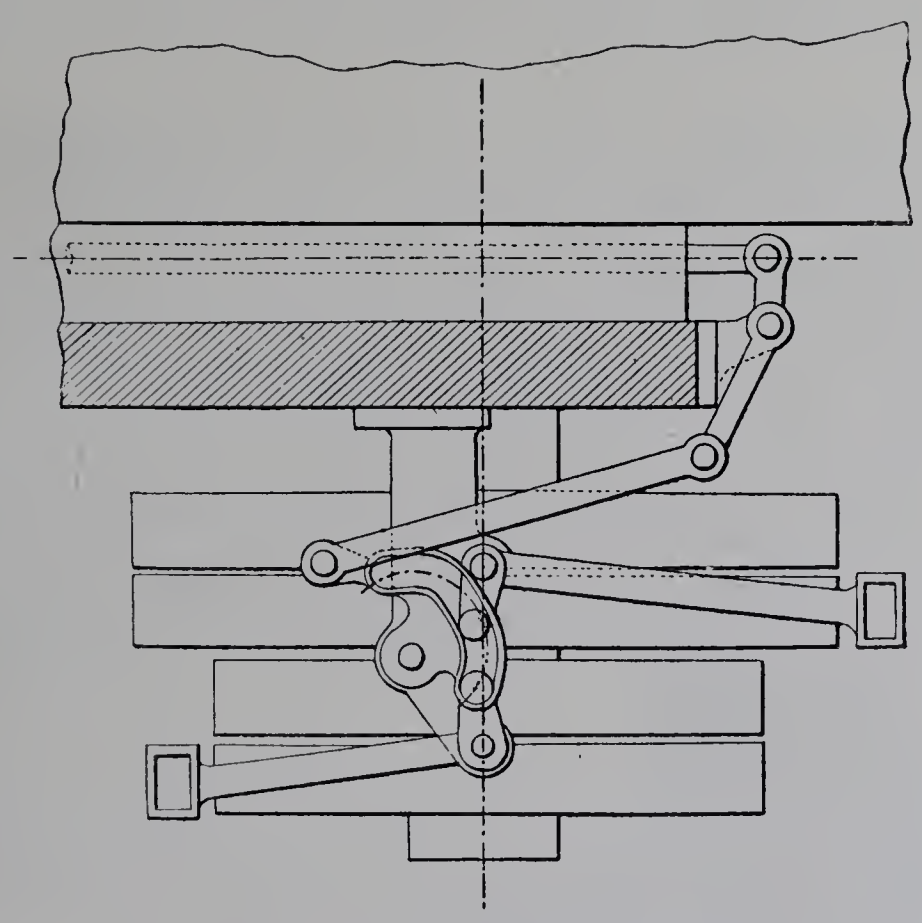


Fig. 70. — Débrayage différentiel (Pond).

cercle, les fourchettes ne bougent pas; elles oscillent, au contraire, quand les boutons se meuvent dans la rampe.

MM. Sculfort et Fockedey montent les poulies d'aller et les poulies de retour sur deux arbres distincts reliés par un train d'engrenages destiné à renverser le mouvement; de cette façon, les deux courroies sont droites et leur usure est moindre.

M. Kirchner emploie pour la commande du tablier de sa raboteuse à câble quatre paires de poulies folle et fixe; trois peuvent avec une courroie croisée procurer l'avance du tablier à différentes allures; la quatrième paire donne le retour rapide au moyen d'une courroie droite. Toutes ces poulies sont égales et la différence de vitesse est donnée par le diamètre des poulies du renvoi. Deux courroies seules sont employées simultanément, l'une pour la course utile du tablier, l'autre, qui reste toujours la même, pour son retour; les autres sont pendant ce temps rendues indépendantes de la barre de débrayage. Cette disposition donne la possibilité de pouvoir modifier la vitesse d'aller,

IMPRIMERIE NATIONALE.

le retour rapide étant constant; les vitesses d'avance sont 1/3, 1/4, 1/5 de la vitesse de retour.

La vitesse du retour des autres machines est, en général, deux fois et demie la vitesse du travail; chez MM. Sculfort et Fockedey, elle atteint trois fois et demie cette vitesse.

Les constructeurs américains disposent, en général, l'axe des poulies perpendiculairement à l'axe de la machine, alors que les constructeurs européens le placent plus souvent parallèle. La première disposition présente l'avantage de mieux utiliser l'arbre de transmission de l'usine, mais exige une grande place en avant de cette transmission.

Traverse et porte-outils. — La traverse reçoit un ou deux supports d'outils suivant l'importance de la machine; dans le cas de deux outils, la glissière est prolongée en dehors des montants pour permettre à un des porte-outils de passer sur toute la largeur de la table. Quelques constructeurs placent également un porte-outil sur l'un des montants ou même sur les deux. Chaque support d'outil représente un chariot portant un plateau pivotant, qui permet l'orientation de l'outil sous diverses inclinaisons, et un deuxième chariot muni d'un axe d'articulation pour l'attache du porte-outil proprement dit et pour son soulèvement pendant le retour. L'avance automatique peut être donnée transversalement au support directement par vis, ou au deuxième chariot, dans le sens de son inclinaison, par un arbre à rainure et par des roues d'angle qui commandent sa vis propre.

Avance de l'outil. — Tous ces mouvements sont ordinairement actionnés par le levier de changement de marche, par l'intermédiaire d'autres leviers, de bielles ou d'une crémaillère, de cliquets et de rochets, les cliquets et les dents des rochets étant symétriques, de manière à produire l'avance dans l'un ou l'autre sens.

Les constructeurs américains et M. Kirchner rendent l'avance indépendante, jusqu'à un certain point, de l'action du levier de changement de marche : ils prennent la commande de l'avance sur l'arbre intermédiaire de la commande de la table qui est constamment animé d'un mouvement de rotation alternatif. Cet arbre peut entraîner, par friction, un manchon sur lequel est attachée l'extrémité d'une bielle, dont l'autre extrémité est fixée à la crémaillère de commande des avances; deux oreilles du manchon viennent successivement buter sur deux points fixes et débrayent la friction; le manchon n'est donc animé que d'un mouvement momentané alternatif de rotation et communique à la crémaillère un mouvement alternatif vertical, qui n'a d'action que dans le sens où agissent les dents du rochet.

M. Kirchner, pour rendre plus sûr le mouvement des avances et éviter les retards de la friction dans le cas où des résistances nuisibles se produiraient, équilibre la crémaillère au moyen d'un contrepoids; ainsi que M. Schultz, il relève automatiquement l'outil pendant le retour; à cet effet, les porte-outils sont reliés, par de petites chaînes, aux extrémités des leviers calés sur un arbre qui repose sur la traverse; cet arbre, qui est

commandé par le mouvement d'avance, tourne en entraînant les leviers et en soulevant les outils, pendant que le tablier accomplit son retour accéléré.

Montée et descente de la traverse. — La montée et la descente de la traverse porte-outil se font ordinairement à la main, au moyen d'un arbre disposé à la partie supérieure des montants et commandant à la fois les deux vis qui supportent la traverse, ou mécaniquement, dans les modèles les plus forts, par la commande de la machine à l'aide d'un embrayage par lequel on débraye en même temps la commande des autres mouvements. Dans quelques modèles, la traverse est équilibrée.

Machine à raboter à un seul montant. — Pour le rabotage des pièces de grande largeur, la Deutsche Werkzeugmaschinen Fabrik construit des machines qui ne comportent qu'un seul montant latéral isolé, de forme carrée et à glissière droite.

La table est mobile, comme dans les machines dont il vient d'être question; son appui sur le banc est en queue d'aronde d'un côté et rectangulaire de l'autre. La traverse présente verticalement et horizontalement la forme triangulaire, de façon à augmenter la résistance; elle est équilibrée et porte deux outils se mouvant automatiquement, verticalement et horizontalement. La table est conduite par pignon et crémaillère.

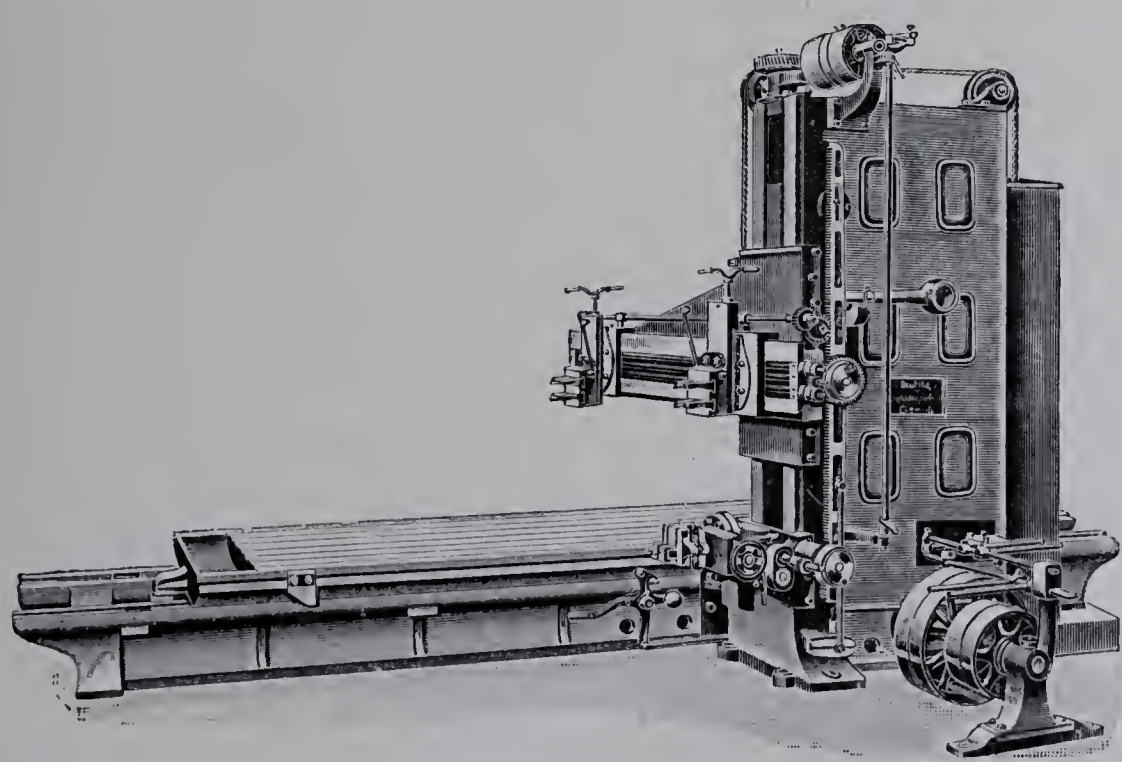


Fig. 71. — Machine pouvant raboter jusqu'à 2500 millimètres de largeur.
(Deutsche Werkzeugmaschinen Fabrik.)

La commande de la marche, le changement de marche et le retour rapide se font en deux temps; la vitesse de retour est trois fois plus grande que celle du travail.

La machine exposée permettait de raboter des pièces de 2 mètres de hauteur, 6 mètres de longueur et 2 m. 50 de largeur.

Machines à raboter et à fraiser. — Certains constructeurs, MM. Lomont et Schultz

en particulier, construisent des machines pouvant successivement raboter et fraiser la même pièce sans la démonter; un porte-outil de fraisage, qui peut également servir pour le perçage, se déplace sur la traverse, en plus des porte-outils de rabotage. Cette disposition nous semble destinée surtout aux petits ateliers qui, par raison d'économie, ne peuvent être dotés d'un grand nombre et d'une grande variété de machines; elle peut également être utile dans certains cas particuliers, par exemple lorsque la pièce à usiner présente quelques formes pour le façonnage desquelles le burin se prête mal.

Le mouvement de fraisage est commandé par un cône indépendant du mouvement de rabotage; ce cône reçoit son mouvement du renvoi et le transmet à l'arbre porte-fraise par courroie et harnais d'engrenage (Lomont) ou par deux séries d'engrenages (Schultz). De là le mouvement de translation est communiqué soit à la table porte-pièce, soit au chariot porte-outil dans un sens ou dans l'autre à plusieurs vitesses différentes, au moyen d'une tête de cheval (Lomont) ou au moyen d'une friction et d'une série d'engrenages (Schultz).

II. MACHINES À RABOTER LATÉRALES.

Les machines à raboter latérales à outils mobiles, système Richards, dont le premier spécimen remonte à 1851, éprouvèrent au début quelques difficultés à s'introduire dans les ateliers; elles figurèrent pour la première fois à l'Exposition de 1889 et se sont, depuis cette époque, rapidement répandues dans l'industrie. Elles permettent de travailler des pièces de dimensions relativement considérables, de formes compliquées et difficiles à placer sur les raboteuses ordinaires; elles offrent sur les raboteuses à fosse l'avantage d'avoir un porte-outil mieux guidé, et sur les raboteuses à table mobile celui de ne pas prendre deux fois la longueur de la pièce à travailler. Quant au porte-à-faux de l'outil, il ne paraît pas avoir d'influence nuisible; d'ailleurs, comme il est le même pour une passe complète de l'outil, la flexion de la tête ne pourrait entraîner que de légères variations sur le niveau de la partie rabotée dans le sens normal à la direction du banc.

Quoi qu'il en soit, le procédé permet de raboter, avec une machine peu encombrante et d'un poids relativement faible, des pièces très pesantes.

Les machines en question comportent un ou deux bras munis chacun de un ou deux outils; ces bras sont supportés par un chariot qui reçoit d'une vis un mouvement de va-et-vient au-dessus de la pièce qui est disposée latéralement au bâti soit sur des tables, soit dans une fosse; l'outil reçoit, en même temps, une avance transversale et, dans quelques modèles, un mouvement de descente automatique.

Dans la machine exposée par M. Richards, la commande s'effectue par un jeu de trois poulies; celle du milieu est folle et la courroie est tantôt amenée sur la poulie de droite, tantôt sur celle de gauche par une tige d'embrayage sur laquelle on règle à volonté l'intervalle qui sépare les bagues à vis rencontrées par le chariot du porte-outil.

A l'arrière du banc de la machine, se trouve une crémaillère longitudinale qui met, pendant le travail, un pignon en rotation; celui-ci est calé sur un axe terminé par une coulisse de laquelle part un mécanisme de déclic, à course variable, qui donne automatiquement l'avance de l'outil en largeur. Un levier placé à la tête de la traverse porte-outil permet à l'ouvrier de mettre en mouvement la tringle de débrayage et de limiter à volonté la course longitudinale de l'outil ou d'arrêter instantanément la machine. La vitesse de retour est quatre fois celle du travail.

La machine à raboter latérale Smith et Cowentry, sauf quelques détails de construction, présente les mêmes dispositions d'ensemble que la machine Richards.

Dans la machine Vautier, le mouvement de va-et-vient et le changement de marche sont obtenus comme dans la machine Richards. Quant au mouvement d'avance, il est obtenu par la butée de deux taquets, montés sur une tringle parallèle à la tringle de changement de marche, sur la tête d'un levier relié à un arbre supporté par le bras de la machine; la rotation de cet arbre produit soit le déplacement transversal de l'outil par cliquet, roue, pignon et vis sans fin, soit le déplacement vertical par cliquet, roue, arbre rainuré et pignons.

La machine Lomont nous offre un exemple de machine à deux bras, à deux porte-outils chacun. Chaque bras a sa commande indépendante à chaque extrémité de la machine; chaque vis de commande du mouvement de va-et-vient est elle-même commandée par un jeu de trois poulies, deux folles et une fixe au milieu, sur laquelle vient successivement se placer une courroie ouverte ou croisée. Le débrayage et l'avance des outils sont obtenus simultanément au moyen de taquets à ressort placés sur une tringle qui longe la machine. Ces taquets attaquent une crémaillère placée derrière chaque chariot; cette crémaillère commande la rotation d'une tringle qui par rochet, pignons, etc., donne le mouvement d'avance aux outils, en même temps que par l'intermédiaire de pignons hélicoïdaux elle donne le mouvement longitudinal à une tringle et produit le débrayage.

Dans cette machine, qui a une course longitudinale de 4 m. 40 et transversale de 1 m. 10, les tables-supports de la machine peuvent se déplacer à la main par pignon et crémaillère.

Machine à raboter universelle de MM. Sculfort et Fockedey. — Cette machine, de création récente, se rapproche des machines à raboter latérales, par sa manière de travailler.

L'outil mobile longitudinalement, transversalement ou verticalement permet de raboter, sans déplacer la pièce, différentes faces intérieures et extérieures d'un parallélépipède rectangle placé sur le bâti. Il est fixé à l'extrémité d'une barre hexagonale, qui, tout en s'inclinant, peut se déplacer dans sa coulisse et produire le mouvement transversal; cette barre est portée par un chariot qui est animé d'un mouvement de monte et baisse et qui donne le mouvement vertical; enfin, le montant qui supporte le chariot et glisse le long du bâti dans deux rainures, l'une rectangulaire, l'autre en

queue d'aronde, donne le mouvement longitudinal. Chacun de ces mouvements peut être continu, alternatif avec retour rapide pour le travail, ou périodique pour les avances.

La machine permet donc les combinaisons de mouvement suivantes :

Rabotage transversal, avec avance verticale, la barre étant horizontale ou inclinée, ou avec une avance longitudinale, la barre étant horizontale ou inclinée;

Rabotage vertical, avec avance transversale, ou avec avance longitudinale;

Rabotage longitudinal, avec avance transversale, la barre étant horizontale ou inclinée, ou avec avance verticale.

Le mouvement longitudinal du montant et le mouvement vertical du chariot sont obtenus par vis sans fin, l'une horizontale, logée dans le bâti, l'autre verticale, logée dans le montant; le mouvement transversal de la barre porte-outil est obtenu par la rotation d'un arbre vertical, logé dans le montant, qui, par roues d'angle, fait mouvoir le pignon de commande de la crémaillère taillée sur la barre porte-outil.

Ces différents organes de transmission de mouvement sont actionnés eux-mêmes : 1° pour la période de travail, par un même arbre de commande; 2° pour le mouvement des avances, par l'intermédiaire d'un rochet, dont le mouvement périodique est reçu de l'arbre même de commande des mouvements de travail. Un simple déplacement d'engrenages suffit pour transformer la machine et pour utiliser une des trois commandes des mouvements de travail avec une des deux autres commandes des mouvements d'avance.

L'arbre de commande des mouvements de travail, situé à peu près dans l'axe de la machine, reçoit son mouvement, dans un sens ou dans l'autre, à des vitesses différentes, suivant qu'il est embrayé avec l'un ou l'autre des harnais d'engrenages commandés par le cône de la machine au moyen de frictions qui se déplacent longitudinalement; le déplacement des frictions, qui produit le mouvement alternatif à des vitesses différentes, est pris sur l'arbre même de commande et communiqué à un plateau qui porte deux taquets, l'un fixe et l'autre réglable sur une coulisse circulaire; ce plateau vient, en tournant, buter par l'un de ses taquets contre un levier qui entraîne un secteur et fait tourner un pignon écrou monté sur l'arbre de commande. Cet écrou, en tournant, fait avancer une vis creuse qui, finalement, déplace l'arbre et met en prise l'une des frictions. L'arbre de commande se met alors en mouvement et continue à tourner dans le même sens jusqu'à ce qu'un mouvement inverse fasse desserrer la friction en prise et bloque l'autre friction, qui fait alors tourner l'arbre en sens inverse.

La commande périodique du mouvement des avances est prise sur l'arbre de commande des mouvements de travail par le moyen d'une vis sans fin qui actionne une roue folle sur un arbre transversal; cet arbre transversal peut être actionné ou non par la roue au moyen d'un manchon à griffes, libéré ou non par un doigt, et permet ou non le mouvement oscillant d'un corbeau qui fait marcher dans un sens ou dans l'autre, à volonté, une roue à rochet; cette roue, par l'intermédiaire de pignons ou de

roues, donne le mouvement à l'arbre des avances verticales ou transversales ou à la vis de l'avance longitudinale. Après un tour, le doigt, qui est mis en mouvement en même

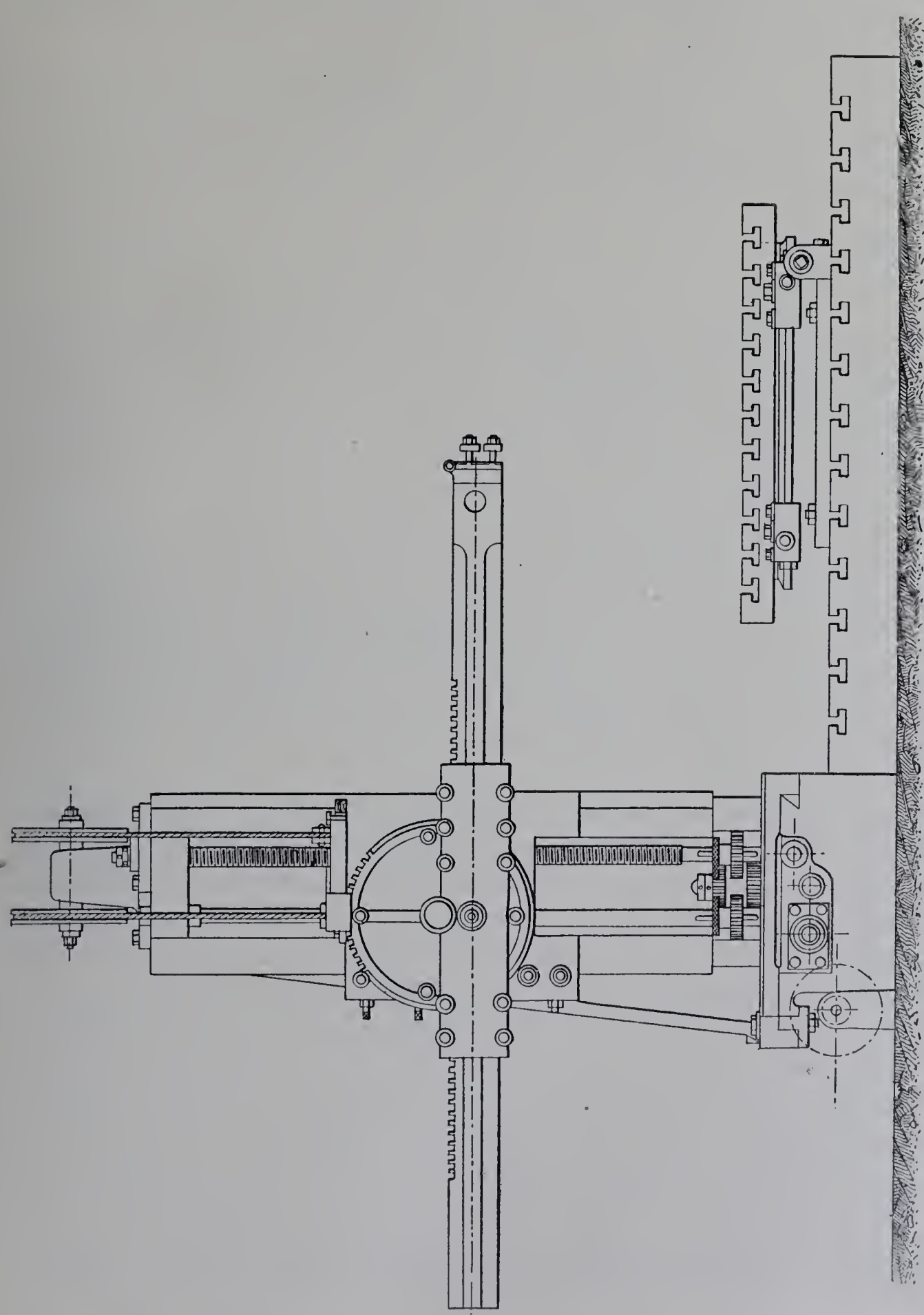


Fig. 72. — Elévation de la machine à raboter universelle de MM Sculfort et Fockedey.

temps que le changement de marche, éloigne de nouveau le manchon à griffes et le débraye.

La machine possède une course longitudinale de 3 mètres, une course transversale de 2 mètres et une course verticale de 1 m. 40.

Le chariot et le coulisseau sont équilibrés à l'aide d'un contrepoids se mouvant à l'intérieur d'un bâti vertical.

Les pièces à usiner se fixent sur des plaques rabotées portant des rainures; quand elles ne sont pas trop encombrantes et qu'elles doivent être usinées sur plusieurs faces que l'outil ne peut pas atteindre, elles sont placées sur un plateau circulaire se montant à volonté sur les plaques à rainures.

III. ÉTAUX-LIMEURS.

Dans les étaux-limeurs, l'outil adapté à l'extrémité d'un coulisseau horizontal, guidé dans des glissières rectangulaires (Pratt et Whitney) ou à queue d'aronde, est animé d'un mouvement rectiligne alternatif à retour rapide; l'amplitude de la course, qui ne dépasse guère 1 mètre, est limitée par la nécessité de ne pas exagérer le porte-à-faux de l'outil. Quant à l'avance, elle est donnée perpendiculairement au mouvement de va-et-vient du coulisseau, dans les uns à la tête de la machine, dans les autres au porte-pièce; le premier système s'applique surtout aux étaux-limeurs dans lesquels l'amplitude de la course de l'outil représente la petite dimension des pièces qu'ils peuvent travailler, le second à ceux dans lesquels cette amplitude représente la plus grande dimension. Que ce soit d'ailleurs l'outil ou la pièce qui reçoive l'avance, les dispositions des uns et des autres présentent de grandes analogies et les différences les plus marquées se trouvent dans la manière de donner le mouvement de va-et-vient au coulisseau.

Commande du mouvement de va-et-vient du coulisseau. — Pendant longtemps, le mode de commande à peu près exclusivement employé a été la commande par bielle et manivelle excentrée, connue sous le nom de retour rapide de Whitworth; il présente l'avantage de donner une course précise et de permettre de raboter une pièce jusqu'à un épaulement, mais il a l'inconvénient de ne pas communiquer à l'outil une vitesse uniforme et, par conséquent, de ne pas utiliser toute la vitesse dont on pourrait disposer. En 1889, nous avons vu apparaître les étaux-limeurs à vis Richards, dont la commande a lieu d'une façon analogue aux machines à raboter latérales; en 1900, un assez grand nombre d'étaux-limeurs à grande course étaient commandés par crémaillère, comme les machines à raboter, et avaient, par conséquent, leur coulisseau animé d'un mouvement uniforme; mais quoi qu'on fasse, on ne peut éviter, avec ce système, de petites irrégularités dans l'amplitude de la course. D'autre part, quelques constructeurs ont réussi, par certaines dispositions, à conserver les avantages du mouvement par bielle et manivelle, tout en se rapprochant du mouvement uniforme pendant la période du travail.

1° *Commande par bielle et manivelle.* — Dans la commande Whitworth, représentée par les étaux Flather, Niles Tool, Springfield Machine Tool Company, la Maubeugeoise,

Sculfort et Fockedey (petit modèle), le coulisseau est attaché à une bielle qui s'articule d'autre part sur un plateau ou sur un levier tournant autour d'un axe fixe B; le mou-

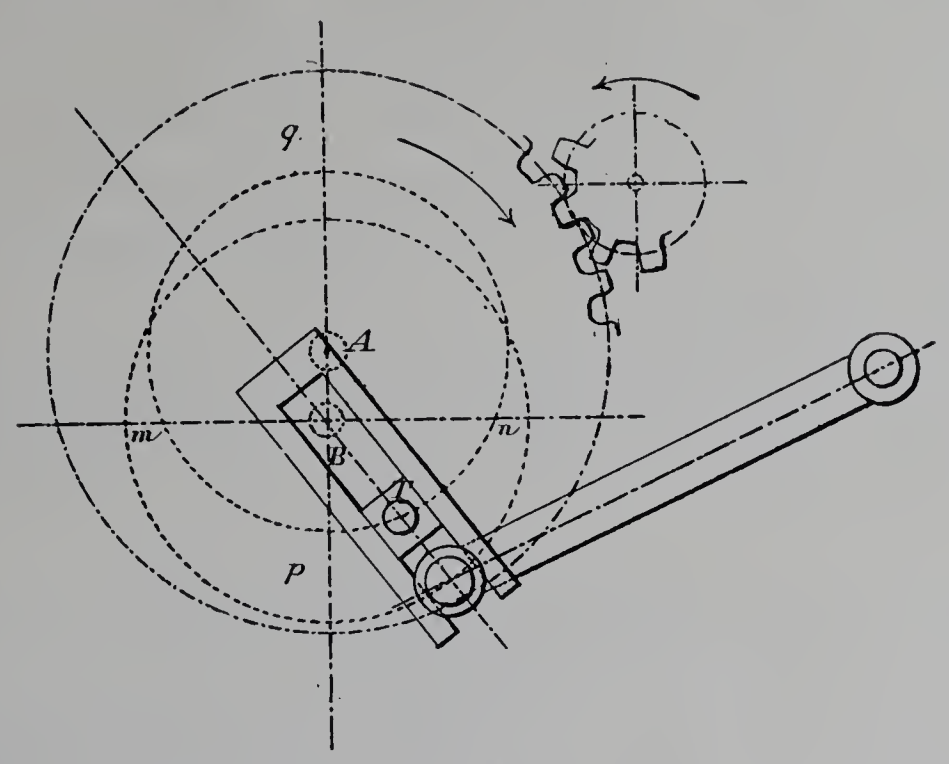


Fig. 73. — Commande Whitworth.

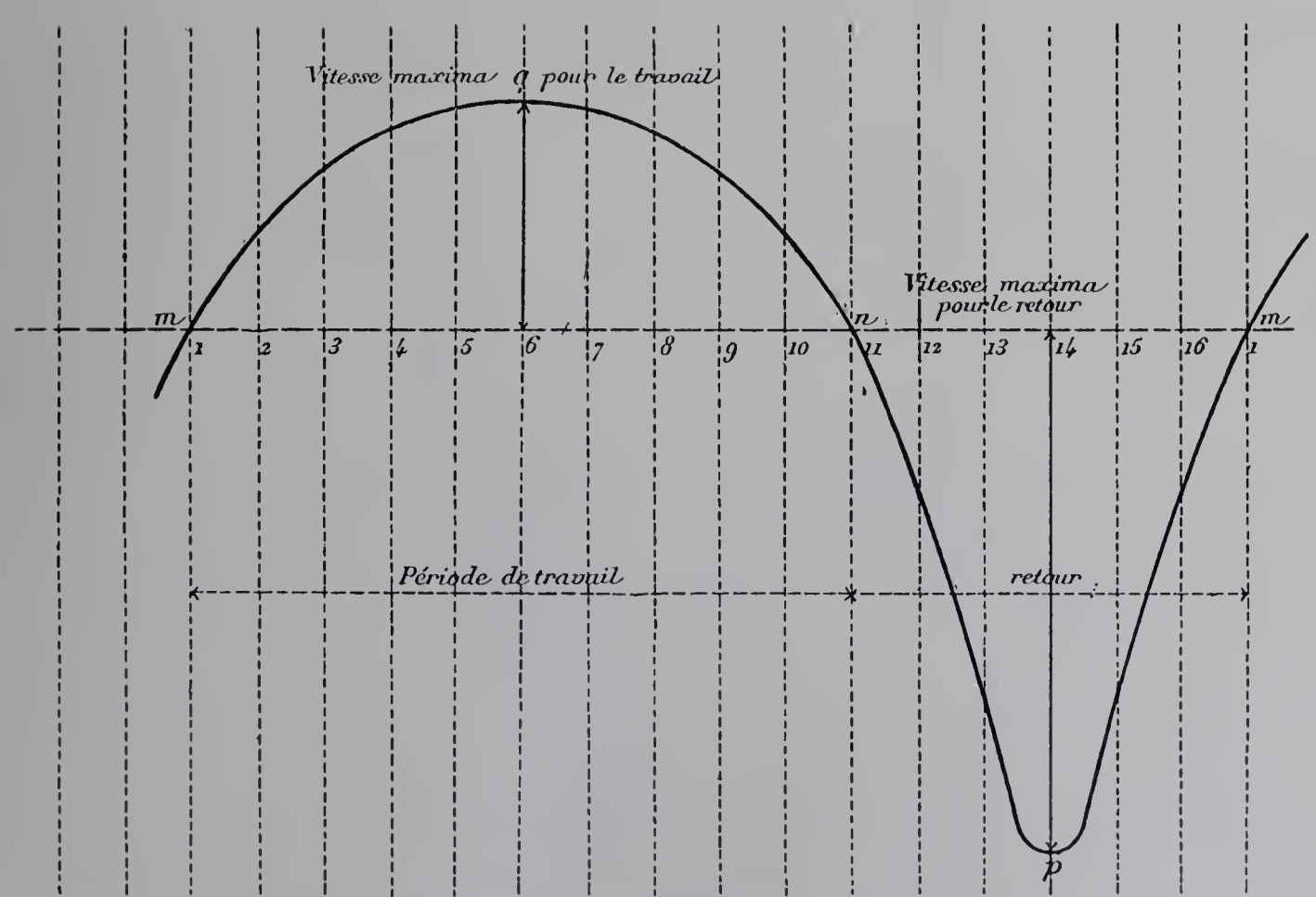


Fig. 74. — Courbe des vitesses d'un étau-limeur, genre Whitworth, pour une course de 160 millimètres. Retour 1,8 fois l'aller.

vement de rotation est communiqué au levier par un tourillon T qui est adapté à l'arbre principal A à mouvement uniforme et qui se déplace dans une rainure dirigée suivant

un rayon du levier. Dans ce premier cas, le centre d'articulation du levier est à l'intérieur du cercle décrit par le bouton de la manivelle autour du centre de l'axe de l'arbre principal; si on appelle e la distance des deux axes, r la longueur AT du rayon de manivelle : pour un tour de l'arbre principal, le plateau fait aussi un tour complet, mais avec une vitesse variable et en deux périodes de temps telles, qu'une des demi-révolutions du plateau se fasse pendant que l'arbre principal parcourt un angle 2φ pour lequel on a : $\cos\varphi = \frac{e}{r}$; cet angle correspond à la position mn du levier perpendiculaire à la ligne des axes.

Il est facile de déterminer par une épure les vitesses de l'outil correspondant aux différentes positions du tourillon T sur la circonférence décrite d'un mouvement

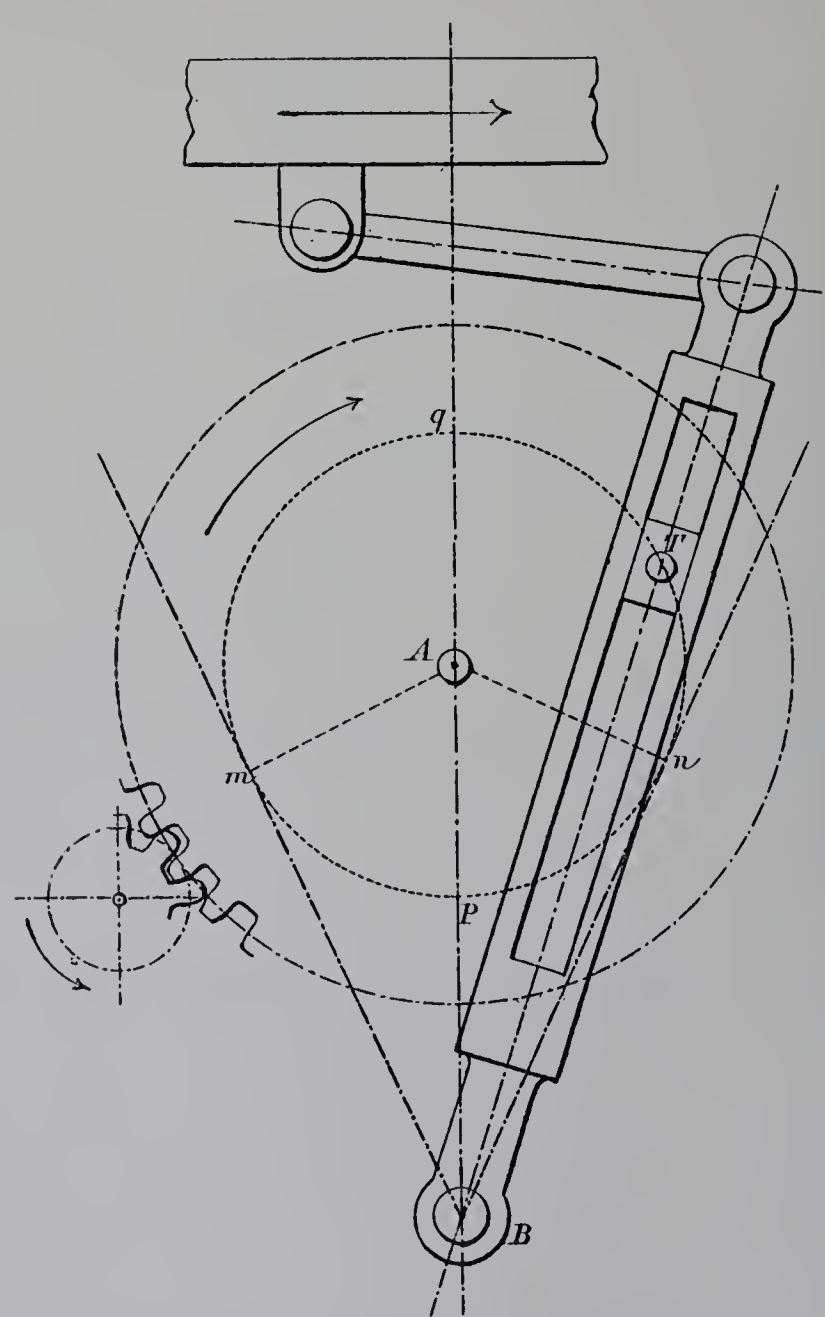


Fig. 75. — Commande par bielle oscillante.

uniforme autour du centre A; si nous portons en abscisses les différentes divisions de la circonférence sur laquelle se meut le tourillon et en ordonnées les vitesses correspondantes de l'outil, nous obtenons la courbe fig. 74. Quand le tourillon T est en m, la

vitesse est nulle, ensuite la période de travail commence, la vitesse va progressivement en augmentant jusqu'en q, puis diminue jusqu'en n où elle devient nulle; enfin, pendant la période $n\ p\ m$, qui correspond au retour rapide, la vitesse augmente rapidement pour diminuer ensuite et revenir à la valeur qu'elle avait au début du cycle.

On voit par l'examen de cette courbe que la vitesse pendant la période de travail est variable, mais que les changements de sens des vitesses ne se font pas brusquement et que, par conséquent, les chocs sont évités.

Le retour sera d'autant plus rapide que le point d'attache du levier sera plus près de la circonférence décrite par le tourillon; s'il coïncidait avec le centre de l'arbre principal, la durée du retour serait égale à la durée du travail et on se trouverait dans le cas du mouvement par bielle et manivelle. S'il se trouvait sur la circonférence décrite par le tourillon, la durée du retour serait nulle; mais ce n'est évidemment là qu'un cas théorique.

Enfin si le point d'attache du levier est en dehors de la circonférence décrite par le bouton de la manivelle (fig. 75), le levier n'exécute que deux oscillations pendant des durées

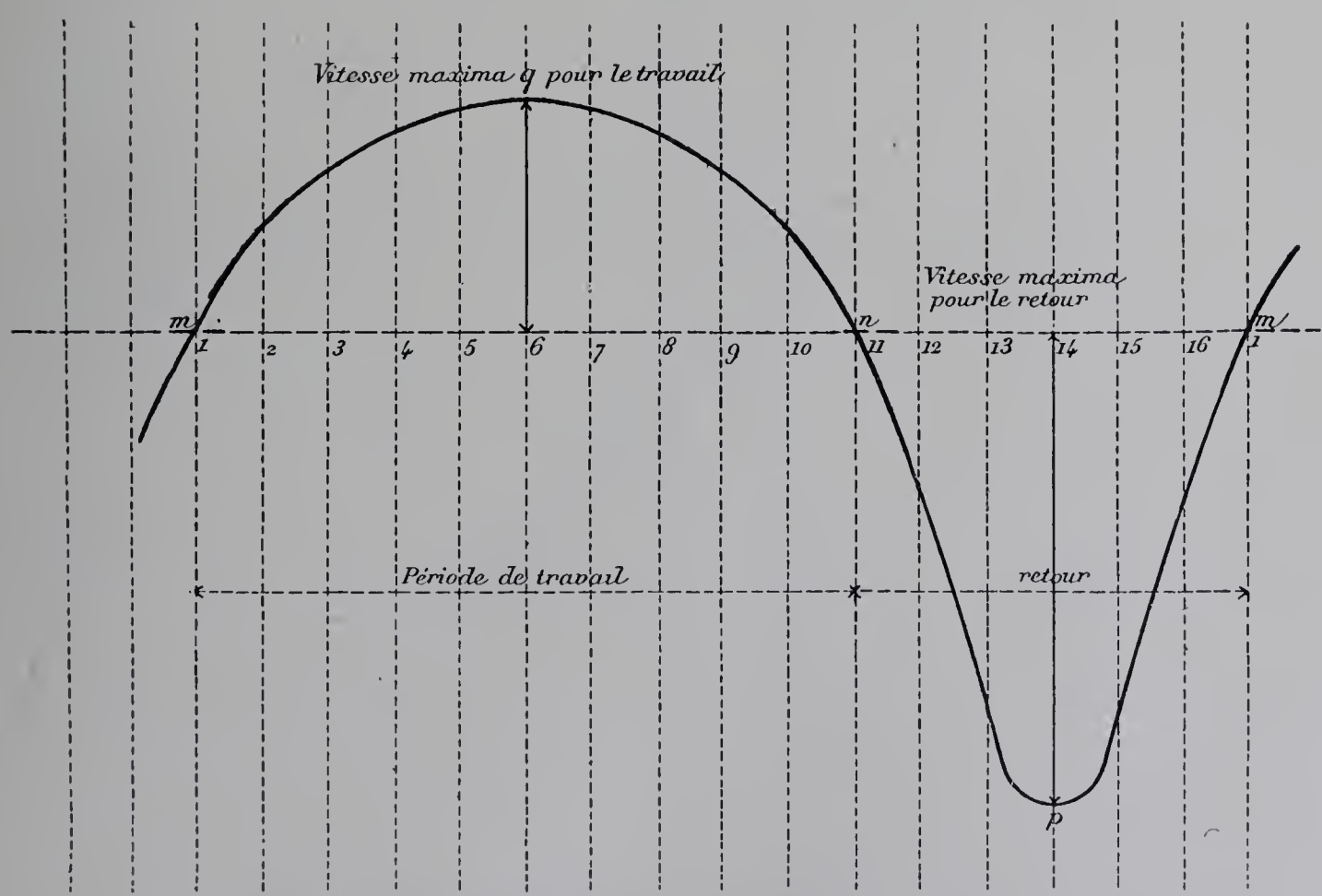


Fig. 76. — Courbe des vitesses d'un étau-limeur Pratt et Whitney pour une course de 260 millimètres. Retour 1,8 fois l'aller.

différentes, l'une d'elles correspond à un angle de parcours de l'arbre principal $2\ \varphi'$ tel que $\cos \varphi' = \frac{r}{e'}$, l'autre à un angle de parcours $2\pi - 2\varphi'$. Ces deux périodes sont limitées, sur la circonférence décrite par le tourillon, par les tangentes menées à ce

cercle par le centre d'oscillation du levier, elles sont d'autant plus inégales que le centre d'articulation du levier est plus près de la circonférence.

Si nous déterminons comme dans le cas précédent la courbe des vitesses, nous obtenons la figure 76, analogue à la précédente, et dont nous tirons les mêmes conclusions : variations de la vitesse pendant la période de travail, changement du sens des vitesses sans brusquerie et, par conséquent, sans choc.

Cette dernière variété de commande Whitworth a été, il y a trente ans, appliquée par M. Legavrian, à une machine à découper les secteurs de l'écrou de vis de culasse

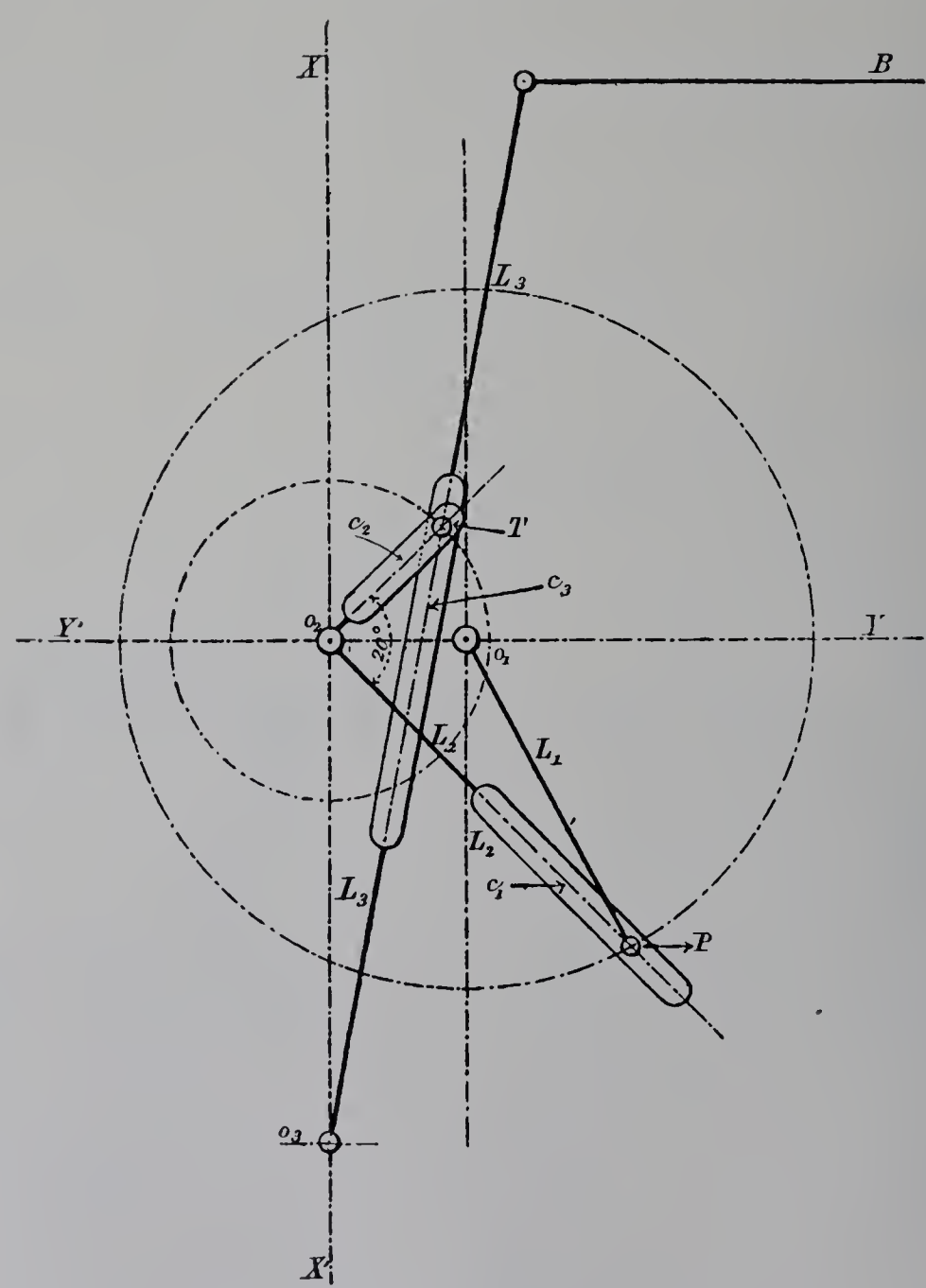


Fig. 77. — Commande de l'étau-limeur Ducommun.

des bouches à feu; elle était représentée à l'Exposition par les étaux Pratt et Whitney, Gould et Eberhardt, Potter et Johnston, Bouhey, Vautier (étau à tête mobile), etc.

Dans les machines des deux systèmes précédents la vitesse de retour est de deux à trois fois la vitesse du travail.

MM. Ducommun et Schultz sont arrivés, en combinant les deux dispositions, à se

rapprocher de l'uniformité de la vitesse pendant la période de travail et à augmenter la vitesse de l'outil pendant la période de retour. A cet effet, au lieu de commander le levier oscillant par un tourillon animé d'un mouvement uniforme, ils le conduisent par un tourillon fixé à un levier, animé d'un mouvement varié par commande Whitworth, et ils font coïncider le maximum de la vitesse du tourillon au maximum de la vitesse de retour du levier oscillant, de façon à augmenter la vitesse de retour du coulisseau, et son minimum au maximum de la vitesse d'aller du levier oscillant, de façon à rendre la vitesse du travail aussi uniforme que possible.

Dans la machine Ducommun (fig. 77), le levier L_1 qui porte le tourillon P tourne d'un mouvement uniforme autour du point O_1; ce tourillon entraîne d'un mouvement varié

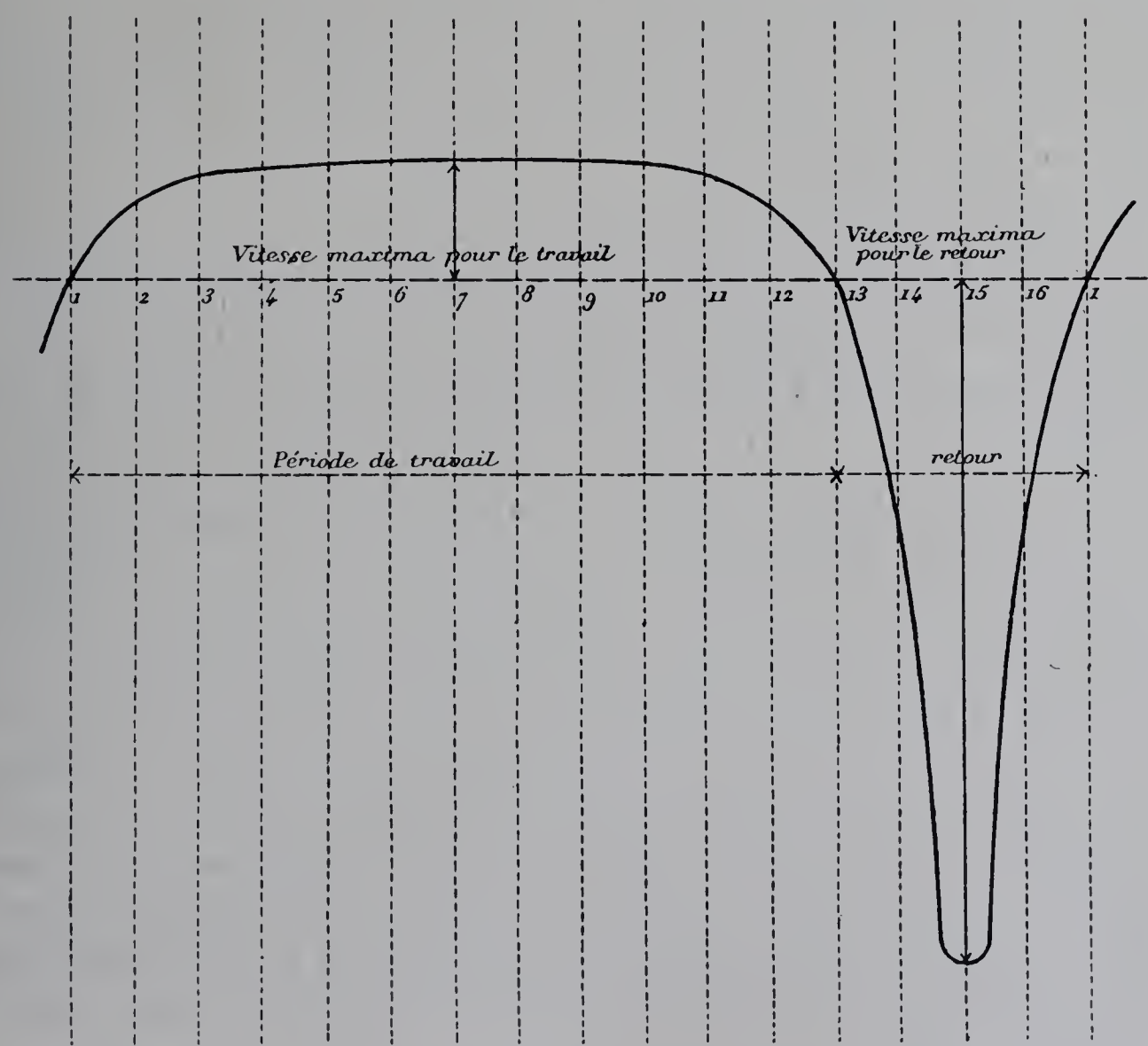


Fig. 78. — Courbe des vitesses de l'étau-limeur Ducommun pour une course de 260 millimètres. Retour 3,2 fois l'aller.

autour de O_2 le levier L_2, en se déplaçant dans la coulisse C_1. Ce levier L_2, au moyen du tourillon T fixé dans une coulisse perpendiculaire C_2, imprime, en se déplaçant dans la coulisse C_3, un mouvement d'oscillation au levier L_3 qui commande la bielle B communiquant à la coulisse porte-outil un mouvement rectiligne alternatif.

Si l'on fait l'épure du mouvement, on reconnaît que la vitesse angulaire de T autour de O_2 est variable, atteint son maximum lorsque T est entre O_2 et O_3, va en diminuant

jusqu'à ce qu'il atteigne le sommet du diamètre opposé, puis en augmentant jusqu'à la première position. Les vitesses maxima et minima de T aux deux extrémités du diamètre passant par O_2 O_3 correspondent, l'une au maximum de la vitesse de retour du levier oscillant, l'autre au maximum de sa vitesse pendant l'aller.

Dans les machines Ducommun et Schultz, la courbe des vitesses du coulisseau pour un tour complet de l'arbre de commande est représentée à peu près par la courbe fig. 78, qui se rapproche d'une droite pendant la période utile de travail.

La vitesse de retour peut atteindre 3,5 fois (Ducommun) et même 5 fois la vitesse de travail (Schultz).

MM. Walcott, dans leurs étaux-limeurs à petite course, actionnent le coulisseau au moyen d'un levier et transmettent le mouvement par un couple d'engrenages elliptiques qui, comme dans le cas précédent, rendent la vitesse de l'outil à peu près uniforme à l'aller et très rapide au retour.

D'une façon générale, dans les machines dont le mouvement du coulisseau est assuré par bielle et manivelle, la commande comprend un cône à étages qui reçoit son mouvement d'un renvoi et le transmet par un harnais d'engrenages à l'arbre principal; quelquefois, dans les machines à chariot porte-pièce mobile, l'arbre du cône à étages est muni d'un volant.

2° *Commande par pignon et crémaillère.* — Dans un certain nombre de machines américaines, en particulier dans les machines Hendey, Perkins, le bras est commandé par crémaillère avec renversement par courroies, comme dans les raboteuses : l'arbre moteur entraîne la crémaillère par un train d'engrenages, et le mouvement est renversé à chaque fin de course par un changement de marche de Prentiss. Le mécanisme consiste en un frein formé d'une bande circulaire garnie de cuir; ce frein, qui est calé sur l'arbre moteur, fait serrage intérieurement ou extérieurement sur l'une ou l'autre de deux poulies folles tournant en sens inverse, suivant que ses bras s'écartent ou se rapprochent. Le mouvement dans un sens ou dans l'autre est déterminé par la course même du chariot au moyen de taquets qui, en venant buter sur la tête d'un levier, font ouvrir ou fermer les deux branches du frein par l'intermédiaire d'un système articulé, de galets et de rampes.

Dans les machines Walcott à grande course (jusqu'à 1 m. 20), l'entraînement à lieu, comme dans les machines à raboter américaines, au moyen de quatre poulies : deux fixes, deux folles, tournant en sens inverse avec débrayage différentiel. MM. Vantier et Lomont présentent également des étaux-limeurs à crémaillère, dans lesquels le mouvement, dans un sens ou dans l'autre, est obtenu au moyen de deux poulies folles tournant en sens inverse, sur l'une ou l'autre desquelles vient serrer par friction une poulie biconique; un étau-limeur de MM. Sculfort et Fockedey, à déplacement de la tête, se meut également par crémaillère; la commande a lieu, comme dans leur ma-

chine à raboter, au moyen de deux paires de poulies folle et fixe tournant dans le même sens, mais dont le mouvement de l'une est renversé par un train d'engrenages.

Les machines commandées par crémaillère ont une vitesse de travail uniforme; la courbe de leurs vitesses serait représentée par deux droites parallèles à la ligne des abscisses réunies par une droite perpendiculaire avec courbes de raccordement plus ou moins accentuées, suivant que le changement de vitesse est plus ou moins brusque.

Variation de l'amplitude de la course. — Dans les étaux-limeurs commandés par bielle et manivelle, l'amplitude de la course s'obtient généralement par la variation de longueur du rayon du cercle décrit par l'axe d'articulation de la bielle, qui peut, à cet effet, être déplacé dans une rainure dirigée suivant ce rayon; MM. Pratt et Whitney, Potter et Johnston montent le bouton d'entraînement sur un tambour à friction dans le disque de l'engrenage qui reçoit le mouvement de rotation uniforme; ce bouton peut ainsi être déplacé de façon à occuper sur la circonférence du tambour toutes les positions depuis le centre de l'engrenage, correspondant à une course nulle, jusqu'à une distance égale au double du rayon, correspondant au maximum. MM. Gould et Eberhardt fixent le bouton de manivelle à un secteur que l'on peut orienter autour de son axe, qui est solidaire de l'engrenage de commande, de manière à faire varier l'excentricité et, par conséquent, la course de l'outil. Dans les étaux-limeurs Ducommun et Schultz, la variation de la course du porte-outil est obtenue en faisant varier la distance du tourillon de commande au centre de son mouvement de rotation. Lorsque la variation de la course est déterminée par le déplacement de l'axe d'articulation de la bielle de commande du coulisseau, la vitesse de retour est indépendante de la course, puisque l'angle φ reste constant. Au contraire, lorsque la variation de la course est déterminée par la variation du rayon du tourillon, le rapport de la vitesse de retour à la vitesse d'aller, qui a pour expression $\frac{2\varphi}{2\pi - 2\varphi}$, varie avec l'amplitude de la course, puisque cos. φ dépend de r et que r dépend de l'amplitude.

En général, le point d'attache de la bielle au coulisseau peut être manœuvré en marche au moyen d'un levier, de façon à faire varier la position de la course; MM. Gould et Eberhardt relient directement le levier oscillant au coulisseau au moyen d'une genouillère pénétrant dans une encoche, dont la position sur le coulisseau peut être facilement déplacée.

Dans les étaux-limeurs commandés par crémaillère, la course et la position de la course peuvent être changées pendant la marche par le déplacement des butées.

Porte-outil. — Le support de l'outil est généralement organisé comme celui des machines à raboter : il comprend un plateau pivotant, un chariot et un porte-outil oscillant; le plateau pivotant est souvent muni, surtout dans les machines françaises, d'un secteur denté actionné par une vis sans fin (Bouhey, la Maubeugeoise), parfois automatiquement (Vautier, Ducommun); dans quelques machines, le chariot est pourvu d'un mécanisme de descente automatique qui consiste parfois en un rochet monté sur

C. F. E.

la vis, avec cliquet actionné par une tringle munie de deux butées; la rencontre des butées avec un support fixé au bâti détermine le mouvement du cliquet (Bouhey, Vautier, Ducommun). Le même rochet, transporté sur la vis sans fin du plateau pivotant, produit sa rotation automatique (Vautier, Ducommun). Dans l'étau-limeur Hendey, de 700 millimètres de course, le mouvement de descente automatique du chariot est pris sur une crémaillère fixée au-dessus des glissières du bâti de la machine; cette crémaillère, par le mouvement même du coulisseau, fait tourner une friction montée sur son pignon d'une quantité réglée par l'écartement des tocs de son manchon; l'arbre qui supporte la friction communique par pignons d'angle et écrou son mouvement au chariot.

Porte-pièce. — Le support de la pièce est constitué par des tables le plus souvent horizontales, dans certain cas susceptibles de pivoter pour le rabotage des pièces coniques (Hendey), quelquefois en équerre permettant d'attacher des pièces horizontalement ou verticalement (Pratt et Whitney, Potter et Johnston, Walcott). Lorsque la pièce

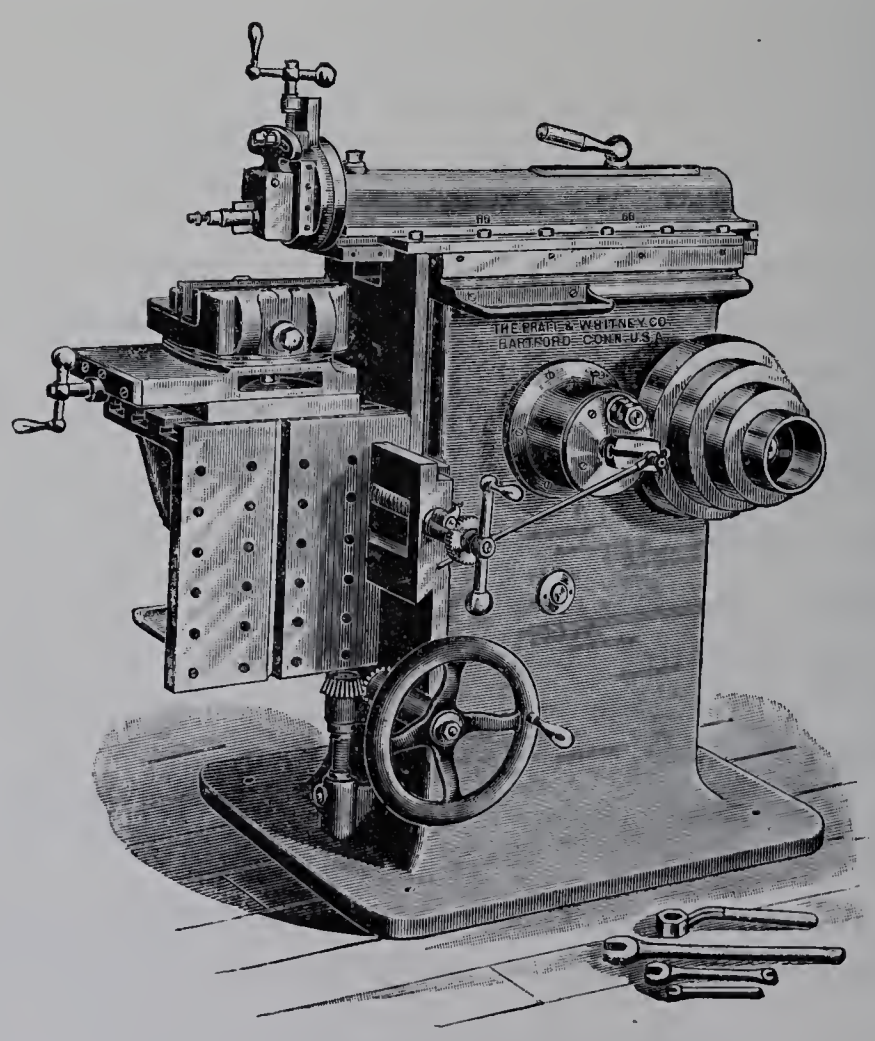


Fig. 78 *bis*. — Étau-limeur (Pratt et Whitney).

reçoit le mouvement d'avance, la table est montée sur un chariot horizontal fixé sur le devant du bâti; ce chariot peut être lui-même déplacé verticalement à la main au moyen d'une vis. MM. Pratt et Whitney munissent cette vis d'une crapaudine à billes pour rendre sa manœuvre plus facile. Lorsque la pièce est fixe, la face latérale du banc reçoit un

ou deux supports qui se fixent par des rainures à boulons, possédant souvent un mouvement de réglage vertical à la main par vis et pouvant, surtout dans les gros modèles, se déplacer le long d'une crémaillère au moyen d'un cliquet à levier.

Mouvement d'avance. — Dans les machines à chariot porte-pièce mobile, la vis du chariot est commandée, le plus souvent, par un rochet avec cliquet, tringle et levier actionné par un bouton d'excentrique (Flater, Pratt et Whitney, etc.) ou mieux par une came (Vautier), montés sur l'arbre principal de la machine ou sur un arbre relié à ce dernier. La came produit la manœuvre du rochet et, par suite, l'avance, à fin de course, alors que l'outil est en dehors de la pièce; l'excentrique, au contraire, présente l'inconvénient d'agir pendant toute la course. M. Schultz commande l'avance au moyen du levier oscillant du mouvement de va-et-vient du coulisseau. A cet effet, le levier porte à sa partie inférieure un secteur denté, qui est en prise avec un pignon calé sur l'arbre du plateau à coulisse. Dans les étaux-limeurs Hendey, le système d'avance transversale de la pièce est analogue au système de descente automatique de l'outil; le bouton de la bielle d'excentrique est monté sur un plateau à friction qui ne tourne, à chaque fond de course, que de la quantité réglée par l'écartement des tocs de son manchon.

Dans les machines à tête mobile, la tête coulisse directement sur la face supérieure du banc et sa vis est commandée comme dans le cas précédent par rochet avec cliquet, tringle et levier, actionné par bouton d'excentrique ou par came.

Dispositions particulières. — Un certain nombre d'étaux-limeurs présentent une ouverture dans le bâti de façon à laisser le passage des arbres dont on veut raboter la rainure de clavetage (Flater, Walcott, Hendey); dans ce cas, lorsque la commande a lieu par crémaillère, le coulisseau porte deux crémaillères latérales de façon à laisser libre la partie centrale.

Dans les machines Walcott, les glissières du chariot porte-outil sont prolongées au-dessus de la potence et donnent ainsi une surface d'appui beaucoup plus longue, diminuent le porte-à-faux et augmentent la rigidité de l'outil. M. Vautier met deux têtes sur le même banc et leur donne des commandes indépendantes disposées à chaque extrémité du banc; on peut ainsi raboter des pièces relativement longues simultanément avec deux outils. Nous citerons enfin, comme particularité, l'étau-limeur de la Morton Manufacturing Company, qui coupe en reculant pendant la course arrière et enlève de très gros copeaux sans fatigue apparente. La coulisse, de forme rectangulaire, est commandée par une crémaillère, dont le pignon de commande reçoit, dans un sens ou dans l'autre, le mouvement de l'une ou l'autre de deux poulies folles inégales, à courroie droite et croisée, qui sont successivement solidarisées avec le pignon au moyen d'une friction.

Étaux. — Les tables des étaux-limeurs ne peuvent, en général, suffire d'elles-mêmes

IMPRIMERIE NATIONALE.

à l'attache des pièces de formes variées qui peuvent être travaillées par ces machines; il est nécessaire de les compléter par des étaux, mandrins, centres, etc.

M. Hendey emploie un étau à charnière, monté sur un plateau diviseur, permettant de serrer uniformément les deux faces d'une pièce. Il fait également usage d'une poupée diviseur avec contre-pointe pouvant se lever ou s'abaisser pour le travail des pièces coniques. MM. Pratt et Whitney adaptent à leur étau-limeur un étau, système Newell, monté sur un chariot transversal fixé sur la table; cet étau pivote sur une base graduée, de façon que la pièce puisse être fixée dans toute orientation désirable. L'un des mors est à deux faces, dont l'une, taillée en V, permet le serrage des pièces rondes et l'autre celui des pièces droites ou coniques. M. Walcott, pour le rabotage des pièces à section circulaire convexe, monte, à la place de la potence, un appareil spécial dont l'avance est commandée par les engrenages actionnant la vis de la table.

Les mandrins magnétiques, dont nous avons déjà vu l'emploi sur les tours, peuvent être avantageusement utilisés sur les machines à raboter et sur les étaux-limeurs, lorsqu'il

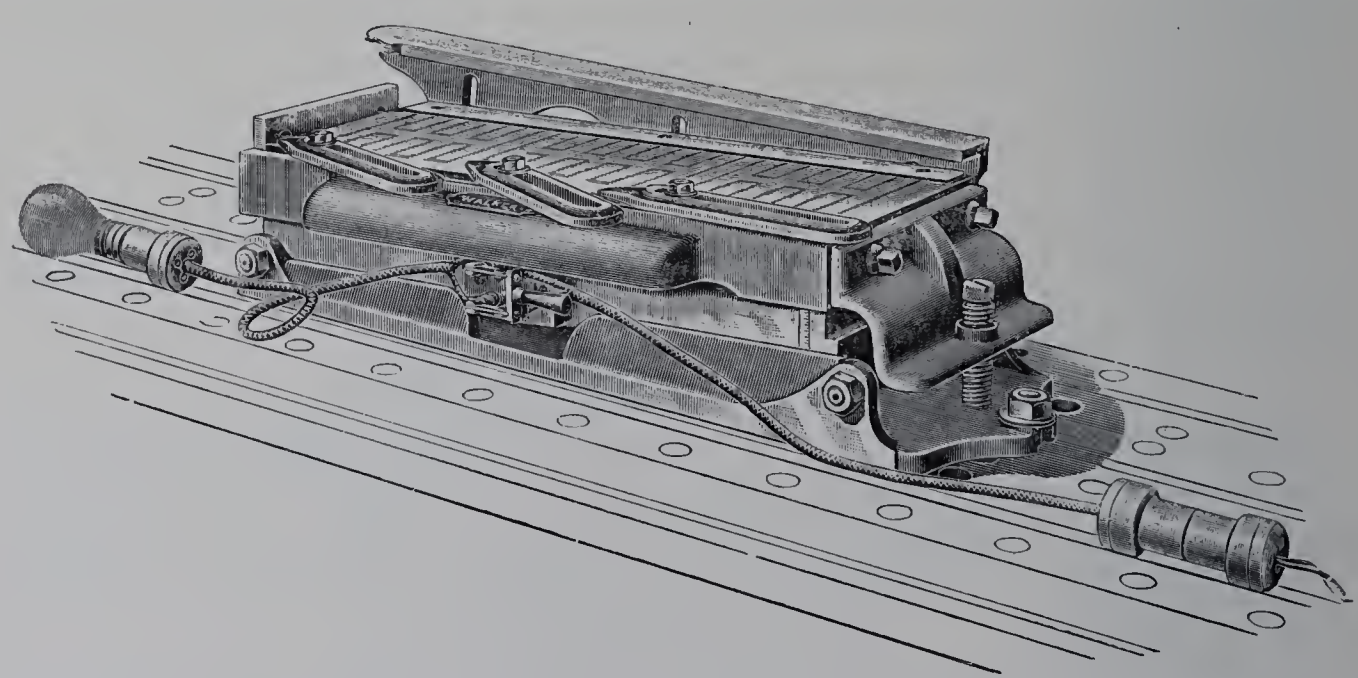


Fig. 79. — Mandrin magnétique pour machines à raboter (Walker).

s'agit de pièces que leur forme ou leur peu d'épaisseur rend difficiles à serrer dans des étaux.

Le principe est toujours le même, mais les dispositions sont un peu plus simples, en ce sens qu'il n'y a pas besoin de bagues pour la prise de courant, et la forme générale est celle d'une caisse rectangulaire sur le dessus de laquelle repose la pièce; deux boulons fixent l'appareil sur le tablier de la machine et un interrupteur placé sur le côté permet à l'ouvrier de faire passer ou interrompre le courant.

Pour résister à l'effort tangentiel de l'outil, la pièce peut être calée en bout par un ressaut que présente le petit côté du mandrin et elle peut s'appuyer latéralement, d'une part, sur une large butée à section en équerre, d'autre part, sur trois butées à coulisse.

Plusieurs mandrins peuvent être placés à la suite les uns des autres lorsqu'on a de grandes pièces à raboter.

Enfin, en faisant simplement passer les objets sur la partie supérieure d'un démagnétiseur, on fait, au besoin, disparaître l'aimantation.

IV. MACHINES SPÉCIALES.

Comme machines spéciales dérivées des machines à raboter et surtout des étaux-limeurs, nous citerons les machines à raboter les roues d'angle, qui feront l'objet d'un chapitre spécial, et la machine à rayer les canons de fusil de MM. Pratt et Whitney.

Machine à rayer automatiquement les canons de fusil (Pratt et Whitney). — MM. Pratt et Whitney exposent une machine à rayer automatiquement les canons de fusil dont le premier spécimen remonte à 1893 et qui présente sur les machines similaires l'avantage de donner à l'outil un mouvement de va-et-vient uniforme.

La barre de rayage, à peu près comme dans toutes les machines de même espèce, est organisée de la façon suivante : l'outil est un petit prisme sur lequel font saillie trois lames de couteau obliques par rapport à sa longueur et d'un profil correspondant à celui du fond de la rayure; il est logé dans une mortaise creusée sur la paroi d'un tube et disposée suivant une direction oblique par rapport à l'axe, se confondant avec la direction des rayures. Le tube porte-outil est traversé suivant son axe par une tige taillée en plan incliné sur l'emplacement de l'outil; la face d'appui de celui-ci ayant la même inclinaison, il suffit de pousser la tige dans le tube pour donner de la saillie aux couteaux. A chaque mouvement de va-et-vient de la tringle à l'extrémité de laquelle est

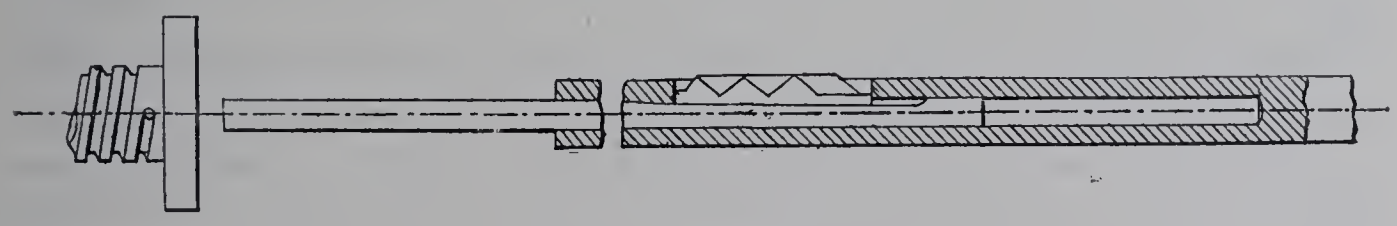


Fig. 80. — Barre de rayage.

monté le tube porte-outil, la tige à plans inclinés vient, par son extrémité, buter sur la tête d'une vis dont l'axe est parallèle à l'axe de la machine; si donc la vis tourne d'une certaine quantité, la tête s'avance d'une quantité correspondante et, par l'intermédiaire de la tige, fait sortir les couteaux. Or, il est indispensable, en raison de la nature du travail et de la fragilité de l'outillage, que l'augmentation de la saillie des couteaux soit à chaque passe excessivement faible : on ne peut admettre une épaisseur de copeaux supérieure à un millième de millimètre. Si donc le support de la butée est fixe, il est nécessaire que l'amplitude du mouvement de la tringle soit parfaitement constante, de façon que les couteaux sortent chaque fois d'une quantité fixe.

Le mouvement de va-et-vient généralement obtenu par bielle et manivelle donne un moyen sûr d'obtenir la régularité de la course, mais il présente l'inconvénient de ne pas utiliser toute la vitesse dont on pourrait disposer et de ne donner que les 0.67 $\left(\frac{2}{\varpi}\right)$ du rende-

ment qui pourrait être obtenu avec un mouvement uniforme. MM. Pratt et Whitney adoptent pour la tringle un mouvement uniforme de va-et-vient au moyen d'une vis sans fin, et, pour s'affranchir des écarts dans la course du chariot porte-barre, ils

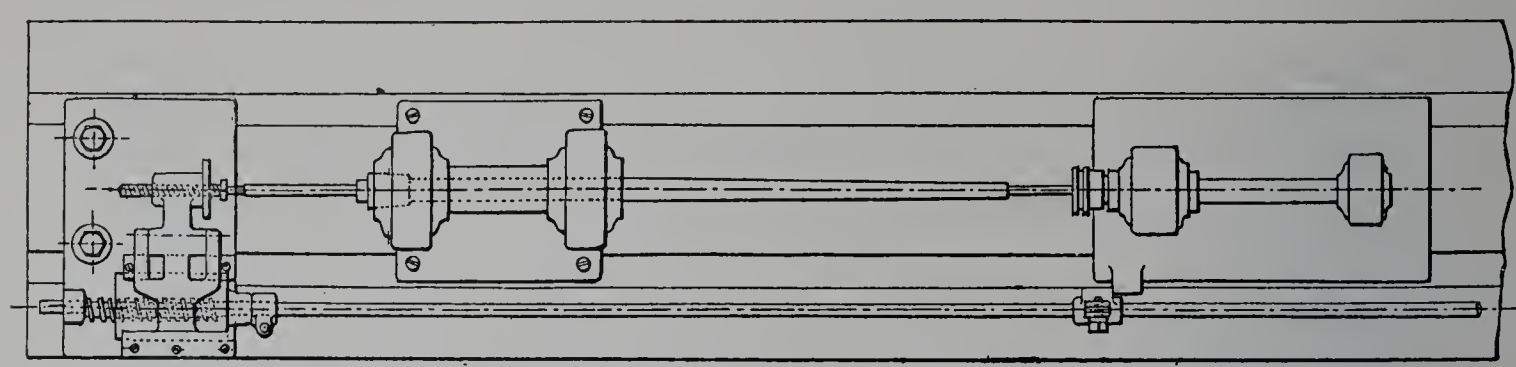


Fig. 81. — Machine à rayer les canons de fusil (Pratt et Whitney). Mécanisme d'avance des outils.

donnent au support de la vis de butée un léger déplacement qui lui permet de se porter à la rencontre du chariot et de participer ensuite aux variations qui peuvent se produire dans sa course. A cet effet, la vis de butée et son support sont actionnés par un ressort qui, en se détendant, fait avancer tout l'ensemble d'une quantité légèrement supérieure à l'écart qu'il y a lieu de craindre; ensuite le chariot en s'avançant comprime le ressort et rend pour ainsi dire la butée solidaire du mouvement du chariot. Dans ces conditions, l'avance dans la profondeur des rayures est donnée uniformément à chaque course, quelles que soient les variations de cette course.

La machine en question présente une autre particularité. En général, la barre de rayage porte un nombre d'outils égal à celui des rayures et, pour éliminer les causes d'inégalités de dimensions des diverses rayures qui résulteraient des différences de forme et de saillie des couteaux, on fait exécuter une fraction de tour au canon après chaque passe d'une allée et venue, de façon à faire successivement travailler, à l'aller et au retour, chaque outil dans chaque rainure. MM. Pratt et Whitney construisent, au contraire, la barre de rayage avec un seul outil : ils admettent qu'il est plus facile de faire travailler convenablement un outil au profil voulu, successivement dans chaque rayure, que d'avoir plusieurs outils passant successivement dans la même rayure et devant reproduire exactement la même forme. Il simplifient ainsi la confection de l'outillage et l'affûtage des couteaux et estiment que, grâce aux dispositions prises, il est possible d'atteindre le rendement qui était obtenu par le procédé consistant à raboter simultanément toutes les rayures d'un canon.

Enfin la directrice de rayage, qui règle le pas des rayures, est placée horizontalement au-dessus du banc, au lieu d'être placée verticalement de côté. Cette disposition a pour but d'équilibrer dans son mouvement le chariot qui porte la crémaillère actionnant la broche de la barre de rayage.

La machine présente, dans son ensemble, les dispositions suivantes : le canon est immobile pendant l'opération du rayage et l'outil reçoit un mouvement hélicoïdal. Sur le banc est fixée la poupée qui porte le canon et sur lequel glisse le chariot de la barre de rayage. Au-dessus du banc est fixée horizontalement la directrice du rayage, réglable

suivant le pas à obtenir. A l'extrémité du banc, se trouve le mécanisme de commande de la machine.

La poupée est pourvue d'un mandrin spécial pour le montage du canon et d'un mécanisme automatique faisant tourner ce dernier, à la fin de chacune des courses de la barre de rayage, d'une portion de tour correspondant au nombre de rayures à obtenir, de façon à permettre à l'outil de raboter successivement chacune des rayures.

Le chariot qui actionne l'outil et le supporte reçoit son mouvement de translation d'un arbre à vis sans fin qui porte une poulie fixe et deux poulies folles avec courroies, l'une droite et l'autre croisée; il porte une glissière transversale dans laquelle coulisse un sabot, à la partie inférieure duquel est fixée une crémaillère, engrenant avec un pignon calé sur la broche de la barre de rayage. Ce sabot est relié, par un pivot fixé à sa partie supérieure, à un bloc glissant dans la rainure de la directrice. Le chariot étant animé d'un mouvement de va-et-vient, on comprend que la barre de rayage sera actionnée d'un mouvement de rotation dans un sens à l'aller et en sens inverse au retour.

La directrice pivote en son centre sur son support et peut être bloquée sous différentes inclinaisons, de façon à donner le pas de rayure convenable.

La barre de rayage est munie d'un outil qui reçoit l'avance dans le sens de la profondeur des rayures par le dispositif que nous avons précédemment indiqué. Ce mouvement d'avance est obtenu automatiquement au moyen d'un doigt qui agit, lorsque l'outil a successivement parcouru toutes les rayures, sur une roue à rochet formant écrou pour la vis qui porte la butée de la tige du plan incliné. Une pompe puissante lave les outils d'un jet d'huile, lorsqu'ils arrivent à l'extrémité de chaque course.

La machine met quarante-cinq minutes environ pour rayer un canon de 762 millimètres de longueur portant quatre rayures de 0 mm. 1016 de profondeur; le nombre des courses de la barre de rayage est de 12 par minute.

CHAPITRE VI.

MACHINES À MORTAISER.

Dispositions générales. — Machines spéciales; machines à rainer.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Les machines à mortaiser ne sont autre chose que des machines à raboter, ou mieux des étaux-limeurs, dans lesquels le mouvement de va-et-vient du coulisseau porte-outil est vertical, au lieu d'être horizontal; il est donc naturel de retrouver sur les machines de cette espèce les origines, les transformations et les tendances que nous avons constatées sur celles dont elles dérivent.

Les modèles qui figuraient à l'Exposition de 1900 étaient de puissance très différente; leur course variait de 80 millimètres à 1 m. 50 ou 1 m. 75 (Sculfort et Fockedey, Bouhey).

Dans les machines les moins puissantes, le mouvement de l'outil est produit par bielle et manivelle, sans retour rapide pour les courses les plus faibles (Bouhey, 80 millimètres; Vautier, 150 millimètres; Bariquand et Marre, 250 millimètres), avec retour rapide par commande Whitworth pour les courses plus considérables (Schultz, 200 millimètres; Bement-Miles, 470 millimètres).

La commande de l'arbre principal ou de l'arbre à manivelle se fait généralement par un cône à étages, sans intermédiaire pour les petites machines (Bouhey), le plus souvent avec interposition d'engrenages réduisant la vitesse (Vautier, Schultz, Bement-Miles) ou d'un harnais à double engrenage permettant, à l'occasion, de marcher à la volée (Bariquand). Les unes sont munies de volant (Bariquand, Vautier), les autres ont le coulisseau équilibré (Bouhey, Schultz, Bement-Miles).

M. Ducommun, dans un modèle de 300 millimètres de course, par une combinaison de la manivelle à coulisse excentrée avec la bielle oscillante, comme dans son étau-limeur, obtient une vitesse de retour quatre fois plus rapide que l'aller et une vitesse sensiblement constante pendant la période de travail.

Dans les modèles plus puissants, nous voyons apparaître, comme dans les étaux-limeurs à grande course, le mouvement de commande du coulisseau par pignon et crémaillère (Vautier, 650 millimètres; Sculfort et Fockedey, 1 m. 50), quelquefois avec crémaillère double et denture chevauchée (Bouhey, 1 m. 75).

Dans les étaux-limeurs Vulkan (400 millimètres de course) et Droop et Rein (1 mètre de course), la commande a lieu par vis.

Que le coulisseau soit commandé par vis ou par crémaillère, le mouvement alternatif avec retour rapide est généralement obtenu par des courroies droite et croisée agissant sur des poulies de diamètre différent, dont le débrayage est le plus souvent différentiel; ce mouvement est transmis au coulisseau par l'intermédiaire d'une roue hélicoïdale et d'une vis sans fin tournant dans un réservoir d'huile (Sculfort, Bouhey, Droop et Rein).

La course du coulisseau porte-outil est réglée par deux taquets qui actionnent le débrayage des poulies de commande et le mouvement des avances du chariot porte-pièce. Ces taquets sont généralement fixés sur le coulisseau même, mais MM. Droop et Rein les placent sous la main de l'ouvrier et les disposent dans la rainure d'un plateau qui reçoit un mouvement circulaire alternatif de coulisseau. M. Vautier obtient le mouvement alternatif, comme dans son étau-limeur, au moyen de deux poulies folles tournant en sens inverse, sur l'une ou l'autre desquelles vient serrer par friction une poulie biconique. En général, le coulisseau est équilibré par un contrepoids passant dans l'intérieur du bâti.

Pour éviter le porte-à-faux de l'outil pendant le travail, certains constructeurs (Bement-Miles, Sculfort et Fockedey, Bouhey) rendent, dans les mortaiseuses à

grande course, la glissière mobile et réglable en hauteur au-dessus du plateau porte-pièce.

Dans toutes les machines, la pièce est portée par un système de deux chariots rectangulaires munis de vis et surmontés d'un plateau circulaire avec roue menée par une vis sans fin; les uns et les autres peuvent être manœuvrés soit à la main, soit automatiquement, sauf dans le petit modèle de Bouhey, qui ne possède que l'avance à la main; dans les machines commandées par bielle et manivelle, le mouvement automatique des avances est obtenu à l'aide d'une commande par came prise sur l'arbre principal et transmise par cliquet, rochet et engrenages; on embraye ou on débraye à volonté chaque mouvement par le déplacement d'une roue sur son axe. Dans les machines commandées par crémaillère ou par vis, le mouvement du cliquet est actionné soit par les taquets du coulisseau (Bouhey), soit par un plateau à coulisse, directement fixé sur l'un des arbres de commande intermédiaire (Vautier), ou commandé par vis sans fin montée sur l'arbre principal de la machine (Vulkan), soit par le disque qui sert à régler la course (Droop et Rein). Dans les machines Bouhey et Droop et Rein, le déplacement rapide des chariots peut être obtenu au moyen d'une commande spéciale placée à l'extrémité de l'arbre de commande des mouvements et se débrayant au moyen d'un manchon à griffes.

Étant donné le poids considérable du chariot et des pièces à usiner, MM. Sculfort et Fockedey ont cherché à rendre le mouvement des avances indépendant du mouvement de changement de marche en le commandant par une poulie spéciale qui tourne constamment tant que la machine fonctionne; cette poulie actionne, par vis sans fin, un arbre manivelle qui est embrayé périodiquement à chaque changement de sens de la marche du coulisseau; la manivelle agit par une bielle sur un encliquetage intérieur qui, par engrenages coniques, commande l'arbre du mouvement des avances des chariots; un changement de marche instantané permet de renverser à volonté le sens des avances. Cette disposition du mouvement des avances offre en outre l'avantage, comme dans les machines Bouhey et Droop et Rein, de pouvoir transformer immédiatement le mouvement intermittent lent des avances en un déplacement rapide des chariots dans tous les sens. Il suffit, pour cela, de débrayer l'encliquetage et d'embrayer en même temps une roue hélicoïdale actionnée par une vis sans fin calée à l'extrémité d'un arbre qui tourne constamment.

Dans les modèles les moins puissants, le support des chariots est venu de fonte avec le bâti; dans les plus puissants, l'ensemble est en deux pièces et le bâti est boulonné sur le support.

MM. Bariquand et Marre et M. Bouhey, dans son modèle de 80 millimètres de course, ajoutent sur le plateau circulaire deux chariots rectangulaires se manœuvrant à la main et permettant de centrer, autour d'un point quelconque, le mouvement de rotation d'une pièce fixée sur le plateau et de faire ainsi, sans démontage, les différentes courbes de la pièce. Pour faciliter cette opération, la vis sans fin qui, dans la machine Bariquand, commande automatiquement le mouvement circulaire, peut se dégrener en laissant ainsi libres les deux chariots supérieurs.

En général, l'outil ou le porte-outil vertical est serré à l'extrémité du coulisseau à l'aide de brides placées dans des rainures à T; les machines Ducommun, Sculfort, Bouhey, Droop et Rein peuvent également recevoir un porte-outil oscillant, dans lequel se place un robuste outil horizontal. Dans ces conditions, la machine travaille comme une véritable raboteuse verticale.

MACHINES SPÉCIALES.

Comme machines spéciales du genre mortaiseuse, nous n'avons à citer que les machines à rainer du type Colburn.

Machines à rainer du type Colburn construites par MM. Baker frères et par la Morton Manufacturing Company. — Deux machines du type Colburn, spécialement destinées à rainer les logements de clavettes dans les poulies ou les roues, étaient exposées, l'une par MM. Baker frères, l'autre par la Morton Manufacturing Company; dans la première, l'avance de la pièce sous l'outil est donnée à la main; dans la seconde, elle est obtenue automatiquement. Sauf cette différence, les deux machines présentent des dispositions identiques.

L'outil est un outil de mortaisage présentant le profil de la rainure à pratiquer dans la pièce; il est généralement affûté en bout, de façon à n'éprouver aucune modification dans sa forme; il est fixé dans une tige porte-outil verticale, reliée à sa partie inférieure à une glissière prismatique taillée en crémaillère et vissée à sa partie supérieure dans la glissière du bras d'une potence fixée sur le bâti. La tige porte-outil, qui est ainsi maintenue à ses deux extrémités, est guidée en haut et en bas; elle est animée d'un mouvement de va-et-vient automatique au moyen de sa crémaillère, qui est attaquée par le dernier pignon d'un train réversible commandé automatiquement par un dispositif à changement de marche. Ce changement de marche s'effectue instantanément au moyen de deux poulies folles inégales, à courroie droite et croisée, et embrayables alternativement sous l'action de butoirs avec l'arbre de la machine au moyen d'une friction.

Un tablier horizontal porté par le bâti de la machine est destiné à recevoir la poulie ou la roue à rainer; il est traversé par la tige porte-outil et supporte le montant de la potence; il comporte plusieurs sièges préparés pour ce montant, de façon à permettre le centrage des pièces de différents diamètres. De plus, en vue de faire les rainures destinées aux clavettes coniques, il est pourvu d'assises circulaires qui permettent de l'obliquer.

Dans la machine Baker, l'ouvrier, au moyen d'une vis, fait avancer le tablier, à chaque course de l'outil, de l'épaisseur d'une passe, jusqu'à ce qu'une vis micrométrique vienne buter sur un arrêt réglable à la demande de la profondeur de la rainure. De plus, à la fin de chaque passe, en même temps que l'outil est automatiquement ramené à sa position supérieure, il rappelle d'un millimètre environ le tablier en arrière et donne à l'outil un dégagement suffisant pour qu'il ne s'émousse pas.

Dans la machine Morton, l'avance du tablier et le dégagement de l'outil se produisent automatiquement à la fin de chaque passe. Sur l'arbre qui porte le pignon de la crémail-

lère est monté follement un croisillon portant trois branches, sur l'une desquelles agissent les butoirs d'un plateau calé sur le même arbre et lui impriment à chaque fin de course

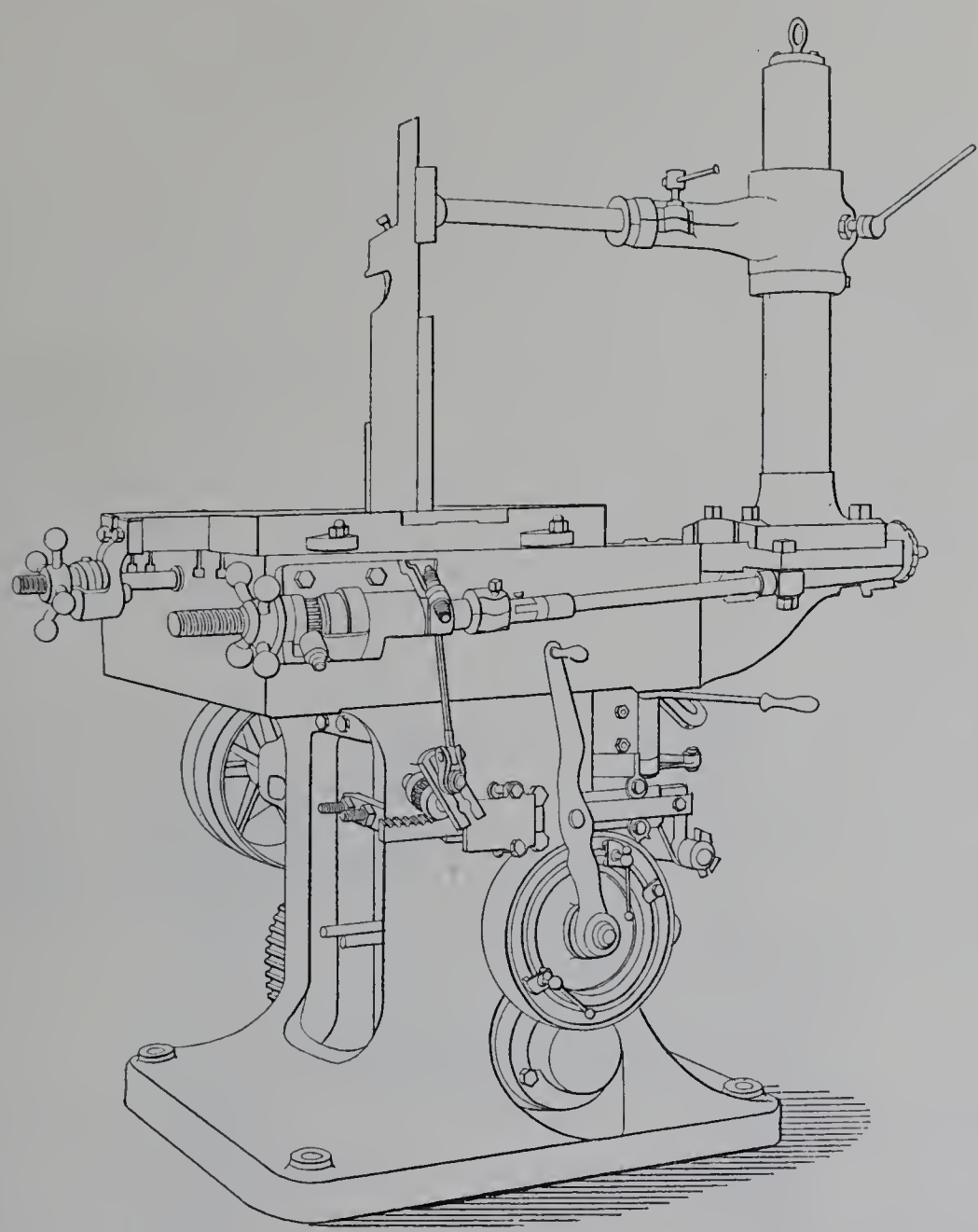


Fig. 82. — Machine à rainer, type Colburn, construite par la Morton Manufacturing Company.

un mouvement d'oscillation; la deuxième branche du croisillon agit par l'intermédiaire d'une bielle sur un cliquet qui fait tourner de une ou plusieurs dents un rochet actionnant la vis d'avancement du tablier; quant à la troisième branche, elle agit par l'intermédiaire d'un système articulé sur le chariot du tablier et le rappelle en arrière de 1 mill. 5 environ, de façon à dégager l'outil pendant sa course de retour.

CHAPITRE VII.

MACHINES À FRAISER.

Considérations générales. — Caractères communs à tous les modèles de machines à fraiser : arbres porte-fraise; montage de la fraise; chariots, conduite des chariots, déplacement des chariots; commande générale de la machine; commande de l'avance des chariots; retour des chariots; butées de réglage et de débrayage. — I. Machines horizontales: machines à arbre fixe; machines à banc fixe et à déplacement vertical de l'arbre; machines horizontales, genre raboteuse. — II. Machines verticales : machines à potence mobile; machines à banc fixe; machines verticales, genre raboteuse. — Accessoires pour machines à fraiser horizontales ou verticales: appareils diviseurs universels, appareils diviseurs avec contre-pointe et coulisse pivotante, appareil pour fraisage circulaire, appareils à fraiser les crémaillères, appareils verticaux à fraiser, appareils à fraiser à grande vitesse, appareil à tailler les cames, appareil à mortaiser. — III. Machines à fraiser horizontales et verticales et à orientation variable de l'arbre de la fraise. — IV. Machines à reproduire : 1° Machines rectilignes automatiques avec mouvement de reproduction perpendiculairement à la direction de la marche automatique. 2° Machines rotatives automatiques, avec mouvement de reproduction suivant un rayon. 3° Machines à reproduire à articulation rectilignes. 4° Machines à reproduire à articulation rotatives. — V. Machines spéciales : machines à tailler les fraises; machines à tailler les forets hélicoïdaux; machines à tailler les têtes de boulons et les écrous; machines à fraiser les rainures et les mortaises; machines à fouiller la gravure d'après un tracé ou d'après un modèle. — Des fraises : 1° fraises latérales, nombre de dents, denture hélicoïdale; fraises à dents interrompues, fraises à dents rapportées; profil de la dent; diamètre et largeur utile des fraises; confection des fraises; fraises à profil invariable; 2° fraises en bout. Mouvement des fraises; vitesse des fraises.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Les fraises dont on attribue généralement l'invention à l'Anglais Hooke, vers l'année 1664, furent connues à l'origine sous le nom d'outils tournant et coupant, et paraissent avoir été employées tout d'abord à la confection des pièces d'horlogerie; elles se répandirent rapidement sur le continent et on retrouve plus tard dans l'outillage de Vaucanson (1709-1782) des fraises de forme destinées à la taille des dents d'engrenages et de crémaillère, constituées comme aujourd'hui par une série de dents taillées dans une molette; l'âme de cette molette est en fer et la couronne en acier corroyé soudé; le trou central pour le passage du mandrin a la forme d'un octogone. Nous ignorons comment étaient construites les machines qui actionnaient ces outils, d'ailleurs leur usage ne se généralisa pas.

Ce sont les manufactures d'armes américaines qui semblent avoir développé l'emploi de la fraise et de la machine à fraiser. Dès 1818, Robert Johnson, fabricant de fusils à Middletown (Connecticut), employait une machine à fraiser fort simple, paraissant surtout destinée à épargner une partie du travail de lime à ses ouvriers : la fraise cylindrique était montée en bout sur une poupée de tour ordinaire et la pièce fixée au moyen de vis dans une auge portée par une table; cette table était actionnée à la main par

pignon et crémaillère et passait sous une fraise qui enlevait sur la pièce l'excédent de matière; quant au réglage en hauteur, il était obtenu par des bandes de papier ou de métal, qu'on introduisait sous la pièce.

Le premier perfectionnement important qui fut apporté à la machine à fraiser consista à rendre l'arbre porte-fraise réglable dans le sens vertical au moyen de vis qui, les unes, rappelaient les coussinets à la partie supérieure, en même temps que les autres les supportaient en dessous; on attribue généralement la paternité de cette disposition à M. Éli Whitney. Dans les années qui suivirent 1850, la machine à fraiser commença à remplacer le travail manuel, non plus seulement pour le dégrossissage des pièces, mais pour leur finissage; le mouvement du chariot fut rendu automatique, et il devint dès lors possible de confier à un simple apprenti la conduite simultanée de plusieurs machines; puis, vers 1854, M. Pratt substitua au mouvement d'avance par pignon et crémaillère le mouvement d'avance par vis avec retour rapide à la main : la machine ainsi établie comportait deux poupées, une qui supportait l'arbre porte-fraise, la deuxième,

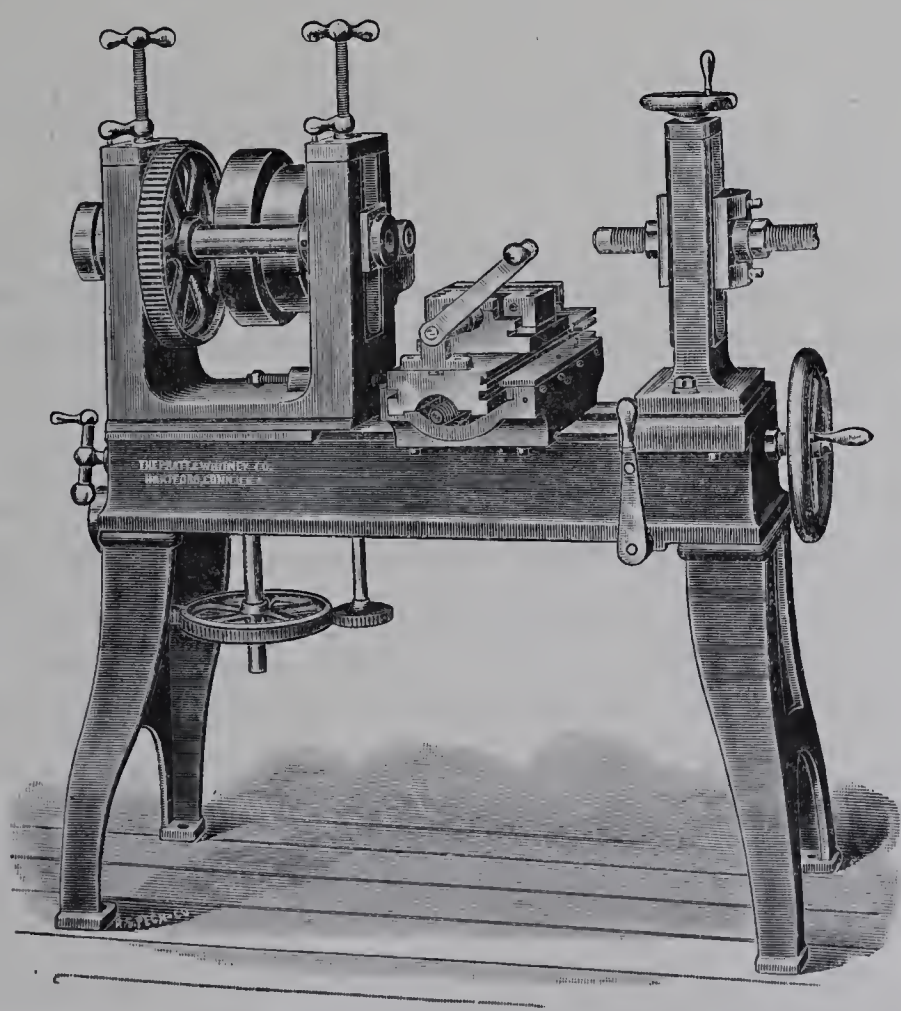


Fig. 83. — Fraiseuse Lincoln.

la contre-pointe; l'arbre porte-fraise pouvait se régler dans le sens vertical, le chariot dans le sens horizontal parallèlement à l'axe de l'arbre; de plus, si l'opération exigeait un appareil transversal, on supprimait la poupée de contre-pointe et la fraise se trouvait montée en bout; cette machine, connue sous le nom de *fraiseuse Lincoln*, est encore fabriquée par la maison Pratt et Whitney.

La nécessité de fabriquer rapidement des armes pendant la guerre de Sécession contribua puissamment à l'extension de la machine à fraiser et en particulier de la machine Lincoln, qui fut copiée un nombre incalculable de fois. La machine à arbre fixe avec mouvement de réglage vertical de la table date de cette époque; en 1861, MM. Brown et Sharpe firent patenter leur machine à fraiser universelle n° 1, qui attira, à l'Exposition de 1867, l'attention des constructeurs; ils exposaient de nouveau en 1900, à Vincennes, leur modèle original, sur lequel il est facile de retrouver les traits caractéristiques des machines actuelles à fraiser universelles.

En France, jusqu'en 1860, la machine à fraiser n'avait fait aucun progrès et son emploi, exceptionnel du reste, était limité à quelques ébauchages à l'aide de dispositions qui avaient une certaine analogie avec celles de la machine Johnson; elle fut alors pour ainsi dire importée en France par M. Kreutzberger qui, pendant son long séjour en Amérique, avait assisté à son évolution et avait pu se rendre un compte exact du parti qu'on en pouvait tirer pour la fabrication des pièces d'armes en grande série; sous l'habile direction de cet ingénieur, des centaines de machines à fraiser, soit du type Lincoln, soit du type à arbre fixe, furent construites de 1861 à 1867 et utilisées par les manufactures d'armes de l'État à la fabrication du fusil Chassepot; son usage s'est ensuite rapidement développé dans les ateliers de fabrication courante, en raison des avantages économiques qu'elle présentait.

Toutefois, au début, le prix de revient élevé de la fraise, sa fragilité et la difficulté de son entretien furent un obstacle à son extension. Vaucanson, qui la fabriquait en fer forgé avec mise d'acier corroyé, la taillait au burin, plus tard on la tailla à la lime et enfin à la machine, en même temps qu'on la faisait entièrement en acier. Mais pour rafraîchir les dents après usure, il fallait ou bien lui donner un léger recuit pour pouvoir l'attaquer à la lime ou au grattoir, ou encore la détremper totalement et la retailler à la machine. Peu à peu cependant on parvint à se rendre maître des effets de la trempe et, grâce à l'invention des machines à affûter, on arriva à laisser toute leur dureté au moins aux fraises cylindriques et coniques, qu'on pouvait facilement attaquer à la meule d'émeri; enfin, en 1878, M. Kreutzberger exposa sa première machine universelle à affûter : la fraise, quelle que soit sa forme, devenait alors un outil peu coûteux, durable, facile à entretenir et en même temps de haute précision, grâce aux rectifications que la meule d'émeri permettait de faire après la trempe sur les dents et sur les points d'appui.

D'autre part, en 1864, la fraise de forme américaine à denture droite, qui n'exige qu'un affûtage très simple sur le devant de la dent, tout en conservant son profil pendant toute son existence, fut brevetée en Amérique et adoptée par la maison Brown et Sharpe pour le taillage des engrenages; son emploi s'étendit ensuite au fraisage de pièces quelconques et, dans le but d'utiliser une denture plus forte et capable de supporter un plus grand nombre d'affûtages, on en arriva à augmenter la rigidité des machines.

Dès lors, les fraiseuses peuvent prendre tout leur essor et devenir, par leur nature

même et leur mode de travail, propres à la production économique des pièces de formes compliquées en grande série; ensuite la variété de leurs dispositions leur permet de se plier à la diversité des travaux, elles peuvent avoir l'axe de la fraise horizontal, ou vertical, ou inclinable à volonté; dans les unes, c'est l'arbre porte-fraise qui possède le mouvement de monte et baisse, dans les autres, c'est la table de la machine; toutes disposent en général de mouvements automatiques rectilignes horizontaux, mais certaines ont en plus un mouvement rotatif; enfin, quelques-unes possèdent en outre un mouvement de façonnage, qui, combiné avec le mouvement rectiligne ou avec le mouvement rotatif, permet de façonner des surfaces ayant une génératrice courbe d'un profil constant et une directrice irrégulière ouverte ou fermée. Depuis une dizaine d'années, leur emploi s'est encore étendu et elles ont été appliquées au travail en série de pièces lourdes et volumineuses, telles que les bâtis de machines, dont le travail était autrefois réservé aux raboteuses; par leurs formes générales, elles rappellent alors ces dernières machines, mais utilisent souvent des fraises de dimensions jusqu'alors inusitées; comme avec des outils aussi volumineux on se heurterait aux difficultés de construction et d'entretien qu'on avait rencontrées à l'origine, on en arrive à rapporter les dents sur un noyau le plus souvent en fonte.

Enfin, en donnant plus de stabilité aux machines et en les mettant mieux à même de résister aux efforts provenant de l'action des outils et des organes de transmission de mouvement, les constructeurs sont arrivés à une meilleure conservation de l'outil et de la machine et ont pu augmenter le rendement et la précision du travail.

Augmentation de la puissance, du rendement et de la précision de la machine à fraiser, en même temps que abaissement du prix de revient et facilité de construction et d'entretien de l'outil, tels sont les résultats que nous offre l'Exposition de 1900.

Nous allons examiner tout d'abord quelques caractères communs à tous les modèles de machines à fraiser, puis nous passerons successivement en revue les machines à fraiser horizontales, les machines à fraiser verticales, les machines à orientation variable de l'arbre porte-fraise, les machines à reproduire, les machines à fraiser spéciales, et enfin nous examinerons les différents types de fraises généralement utilisés.

CARACTÈRES COMMUNS À TOUS LES MODÈLES DE MACHINES À FRAISER.

Toute machine à fraiser comprend essentiellement un arbre porte-fraise animé d'un mouvement de rotation et un chariot porte-pièce animé d'un mouvement de translation. Des chariots auxiliaires de réglage ou de travail peuvent être placés en outre sous l'outil ou sous la pièce.

Arbres porte-fraise. — La fraise est une réunion d'outils analogues à ceux du tour ou des machines à raboter, qui viennent successivement faire leur copeau dans la matière, puis se dégagent et se refroidissent; il est indispensable, au point de vue de la régularité du travail, que ces différents outils, c'est-à-dire les dents, tournent parfaite-

ment rond autour de l'axe de rotation de la fraise, que la fraise soit exactement centrée sur le porte-fraise et celui-ci sur l'arbre.

L'arbre porte-fraise est donc une des parties essentielles de la machine à fraiser; il doit non seulement tourner parfaitement rond, ne pas fléchir, ni se tordre, n'avoir aucun jeu dans le sens longitudinal et dans le sens transversal, mais encore, sa direction, une fois réglée par rapport aux surfaces du bâti et des chariots, ne doit pouvoir varier par l'effet des pressions, de la dilatation et de l'usure. Les constructeurs diffèrent encore d'avis sur la forme à adopter pour ces arbres, ainsi que sur le degré relatif de dureté à donner aux tourillons et à leurs coussinets.

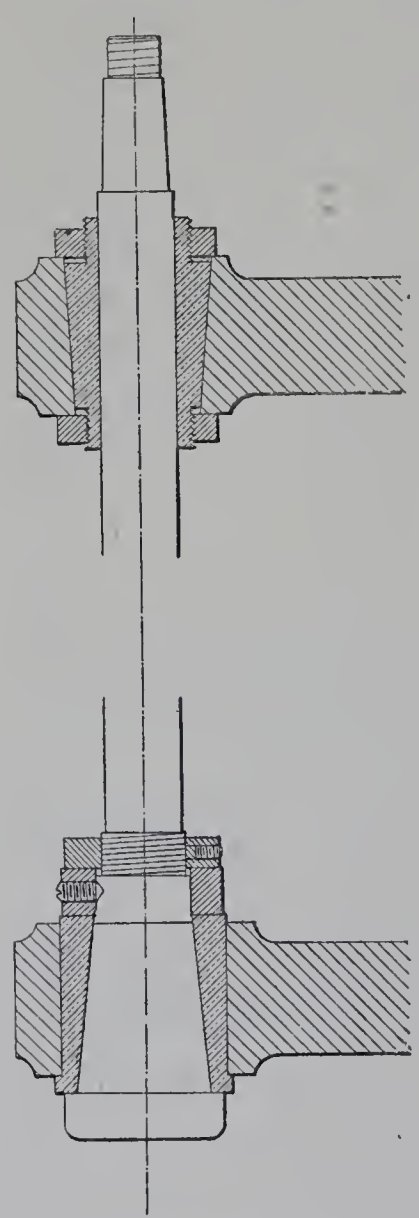


Fig. 84. — Un tourillon conique et un tourillon cylindrique (Bariquand et Marre).

D'une façon générale, les arbres porte-fraise sont en acier; ils sont cémentés et trempés et rectifiés après la trempe.

1° *Un tourillon conique; un tourillon cylindrique.* — La plupart des constructeurs (Brown et Sharpe, Bariquand et Marre, Ducommun, Progrès industriel, Société Alsacienne, Becker, Bement-Miles, Cincinnati, Smith et Coventry, Reinecker, etc.) font le tourillon voisin de l'outil, conique, la grande base du côté de l'outil et le tourillon opposé, cylindrique; ils enveloppent le tourillon conique dans une coquille de même ouverture et laissent le tourillon opposé s'ajuster sans effort dans son logement formé par une coquille généralement en bronze, fendue suivant deux génératrices sur une grande partie de sa longueur et complètement suivant une troisième, cylindrique intérieurement, conique extérieurement et filetée à ses extrémités pour recevoir des écrous au moyen desquels on rattrape les jeux en lui donnant du serrage. Par ces dispositions, quand l'usure se produit sur le tourillon conique qui est animé d'un mouvement de rotation, elle se fait concentriquement à l'axe et peut être corrigée sans occasionner de déplacement de l'axe; si elle se produit, au contraire, sur le coussinet, qui est fixe, elle a lieu du côté de la pression et ne peut être corrigée que par un déplacement de l'axe égal à la moitié de la différence des diamètres avant et après usure. Il y a donc avantage, au point de vue de la précison du réglage, à faire porter l'usure sur l'arbre et non sur le coussinet, et à faire le coussinet en métal plus dur que l'arbre; mais lorsque l'usure devient telle qu'une des deux pièces doit être remplacée, il est plus coûteux de remplacer l'arbre que le coussinet. C'est probablement pour cette raison que MM. Brown et Sharpe, qui faisaient autrefois leurs coussinets en acier plus dur que l'arbre, les font maintenant en bronze dur; MM. Bariquand et Marre font le cous-

sinet en acier cémenté et trempé de la même dureté que l'arbre; le Progrès industriel, en fonte dure, la Cincinnati Milling Machine Company, en fonte, mais revêtu de métal antifriction comprimé, la plupart des constructeurs, en bronze phosphoreux.

Les appuis longitudinaux, destinés à empêcher le jeu dans la direction de l'axe, doivent être aussi rapprochés que possible et voisins de l'outil, de façon à éviter les effets de la dilatation dans ce sens tout en les laissant librement se produire du côté opposé; en général, on les place de part et d'autre du tourillon voisin de l'outil normalement à l'axe, quelquefois on les répartit sur les deux tourillons, mais on facilite ainsi le jeu de l'arbre dans le sens longitudinal, sous l'influence des dilatations.

La Société Alsacienne, MM. Demoor, Smith et Coventry font la portée voisine de l'outil conique d'un angle plus ouvert que celui du tourillon; cette disposition peut présenter l'inconvénient d'influer sur la direction de l'arbre, si les axes des deux cônes ne coïncident pas parfaitement; MM. Brown et Sharpe l'ont abandonnée depuis 1889 et sont revenus à l'appui plan normal à l'axe.

Dans sa machine à reproduire articulée, M. Ernault emploie un tourillon conique près de l'outil et termine l'arbre par deux troncs de cônes opposés, formant appui l'un contre le bâti et l'autre contre une rondelle fixée au bâti par trois vis; les deux appuis longitudinaux sont ici rapprochés autant qu'il est possible; mais il est difficile de donner le même axe aux cônes successifs et de faire coïncider, par l'action des trois vis, le cône

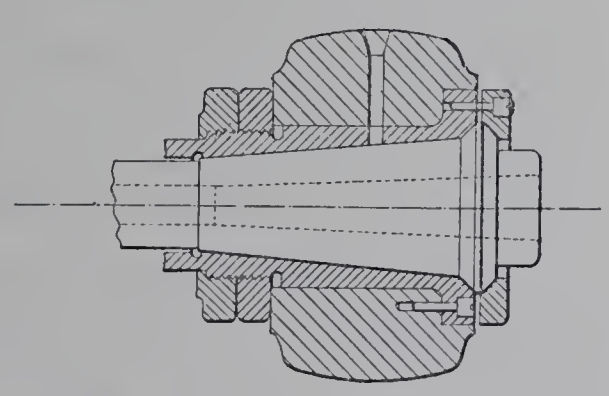


Fig. 85. — Tourillon voisin de l'outil dans les machines à façonner à articulation, Ernault.

de la rondelle avec le cône de l'arbre; d'ailleurs, M. Ernault n'a conservé cette disposition qu'en raison de la largeur du battant de la machine qui eût entraîné par un appui des deux côtés un trop grand espacement. Peut-être serait-il possible d'éviter la difficulté en adoptant, ainsi que nous l'avons entendu proposer, un appui plan contre le bâti et sphérique contre la rondelle.

2° *Deux tourillons cylindriques.* — Quelques constructeurs, malgré les avantages que présente, au point de vue du réglage, le tourillon conique près de l'outil, préfèrent conserver les deux tourillons cylindriques; en particulier, M. Schultz est revenu à cette dernière disposition et reproche à la première de ne pas permettre une portée suffisante du tourillon dans son coussinet par suite de la différence de diamètre qu'on est obligé de

donner aux deux bases du cône. Pour rattraper les jeux, s'il s'en produit, ils font tourner les tourillons dans des coussinets fendus coniques extérieurement munis d'écrous de serrage; quant aux portées, elles sont, comme dans le cas précédent, généralement planes et de part et d'autre du tourillon voisin de l'outil. Il semblerait qu'avec cette disposition on devrait avoir la même précision de réglage qu'avec le tourillon conique près de l'outil; mais il y a lieu de remarquer que pour qu'il en fût ainsi, il faudrait que toutes les sections du coussinet puissent se réduire en restant concentriques à l'axe; dans la pratique, les choses se passent un peu différemment, et le coussinet, après avoir subi l'effort destiné à rattrapper le jeu, ne porte sur l'arbre que par un nombre limité de points et a une tendance à s'user de nouveau rapidement.

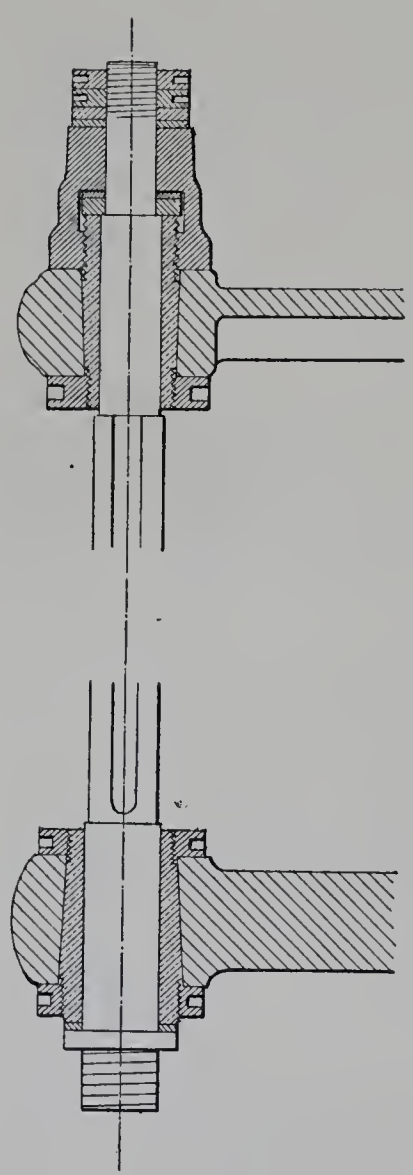


Fig. 86. — Deux tourillons cylindriques (Schultz).

Dans le premier cas que nous avons examiné, le mode de rattrapage de jeu du tourillon cylindrique est bien le même que celui qui nous occupe et devrait, par conséquent, présenter le même inconvénient, mais alors l'effort et par suite l'usure sur le tourillon, qui est opposé à l'outil, sont peu considérables, et la correction paraît suffisante.

La Maschinenfabrick Pekrun emploie avec des tourillons cylindriques une disposition de coussinets qui mérite d'être mentionnée. Chaque coussinet consiste en une bague complètement cylindrique fendue d'une longueur double du diamètre de l'arbre porte-fraise; pour rattraper le jeu, des clavettes coniques réglables sont disposées entre la bague et la surface conique intérieure du corps des paliers; ces clavettes possèdent un nez fileté et peuvent, à l'aide d'un écrou agissant sur les filets, être enfoncées dans le cône du corps du palier ou retirées. Cette disposition permet peut-être de serrer ou desserrer les coussinets concentriquement sur l'arbre porte-fraise; s'il en est ainsi, on conserve l'avantage des coussinets coniques, tout en pouvant disposer de longues portées.

Comme exemple de combinaison des deux procédés précédents, nous citerons la disposition adoptée par la maison Becker qui, tout en employant un tourillon conique près de l'outil et cylindrique du côté opposé, les fait tourner tous les deux dans des coussinets en bronze fendu et coniques extérieurement; ils espèrent ainsi rattraper l'usure du coussinet en obligeant cette pièce à se mouler sur l'arbre, mais nous venons de voir que ces bagues n'obéissent qu'imparfaitement aux mouvements de réglage.

3° *Deux tourillons coniques.* — M. Bouhey, MM. Droop et Rein, la Société Alsacienne (machine genre raboteuse) font usage de deux tourillons coniques tournés dans le même

sens, avec coussinets en bronze phosphoreux. Dans ce cas, les deux appuis sont répartis, dans les machines de la maison Bouhey et de la Société Alsacienne, sur le bout de l'arbre et sur le coussinet voisin de l'outil du côté opposé à l'outil, dans la machine Droop et Rein, de part et d'autre du tourillon opposé à l'outil; il y a lieu de craindre, par suite des échauffements, dans le premier cas des flexions, dans le second des allongements du côté de l'outil; il est vrai que ces machines sont destinées à travailler avec des fraises de grand diamètre, et que la vitesse de l'arbre n'est jamais très grande.

M. Huré et M. Prétot font leurs arbres à deux tourillons coniques en sens inverse; le tourillon le plus éloigné de la fraise est rapporté sur l'arbre cylindrique et entraîné avec lui dans sa rotation; un écrou et un contre-écrou vissés sur le bout de l'arbre permettent de donner au tourillon rapporté du serrage dans son logement; mais les appuis sont ici éloignés et nous en connaissons les inconvénients. La même disposition se retrouve dans la grande machine genre raboteuse Ingersoll, mais ici encore la fraise qui a un grand diamètre tourne généralement lentement.

Certains constructeurs, M. Becker entre autres, font appui sur des couronnes de billes; la solution n'est acceptable qu'autant que les billes sont parfaitement calibrées et constituent une surface plane; pour les grosses machines, M. Becker y a renoncé, car les efforts exercés sont assez puissants pour briser les billes; il emploie, ainsi qu'un certain nombre d'autres constructeurs, la fibre rouge vulcanisée.

Pour la régularité de l'entraînement, les pièces montées sur les arbres doivent être bien ajustées et équilibrées; il est prudent de ne pas claveter les poulies sur les arbres, mais de les fixer par serrage sur des cônes d'ajustage très aigus, soit directement (Bariquand et Marre), soit par l'intermédiaire de manchons (Maschinenfabrick Pekrun). M. Herbert, M. Ernault, dans sa machine à reproduire à articulation, montent la poulie de commande de l'arbre sur une douille fixe et produisent l'entraînement de l'arbre au moyen d'un plateau claveté sur lui. Dans tous les cas, lorsqu'on devra recourir au clavetage, on devra veiller à ce que les clavettes d'assemblage ne serrent que sur les côtés des rainures et non sur le fond.

Montage de la fraise. — Les fraises de moyenne et de forte dimension sont, en général, calées sur un mandrin par une clavette; les petites fraises sont, soit venues avec leur queue formant mandrin, soit serrées directement sur le mandrin.

L'intérieur de l'arbre porte-fraise porte un logement conique destiné à recevoir la tige même de la fraise ou la tige du mandrin porte-fraise ou encore un cône intermédiaire, qui lui-même reçoit la tige de la fraise; le coincement doit, en général, suffire pour former la liaison des deux pièces; mais il est de toute nécessité que l'axe du logement conique intérieur de l'arbre coïncide exactement avec celui des tourillons. La plupart des constructeurs, surtout dans leurs machines de petites dimensions et de dimensions moyennes, taraudent en écrou le bout de la tige de la fraise et y vissent une tringle qui traverse l'arbre dans toute sa longueur et est arrêtée à son extrémité au moyen d'écrous; la tringle sert en outre à chasser la fraise pour la faire sortir de l'arbre;

IMPRIMERIE NATIONALE.

mais on doit donner une grande latitude aux filets des deux pièces, de façon à éviter que les écarts de leur centrage ne tendent à déranger l'axe de la fraise (Bariquand, Becker, Schultz, Progrès industriel); M. Reinecker assure de plus la position du mandrin par un coin à ressort, afin de pouvoir faire tourner la fraise dans les deux sens, sans craindre de décoller le mandrin de son logement par suite d'une rotation de la partie filetée. La Maschinenfabrick Pekrun, dans le but d'éviter totalement l'emploi du marteau, emploie une tringle qui se visse dans le cône du mandrin porte-fraise et dans l'extrémité arrière de l'arbre et qui, en raison de la différence des pas dont l'un est une fois et demie plus grand que l'autre, agit comme vis différentielle.

Dans les machines puissantes, qui emploient des fraises de plus grandes dimensions, l'extrémité de la tige est souvent terminée par une partie filetée qui se visse dans l'arbre (Bouhey, Société Alsacienne) ou encore par un tenon qui se loge dans une mortaise de l'arbre et aide à l'entraînement; dans ce cas, le mandrin porte quelquefois un écrou fileté qui a pour but de faire décoller le cône de son emmanchement. Quant aux larges fraises à surfacer, elles sont généralement vissées en bout de l'arbre sur un filetage protégé par un capuchon ou un écrou, quand on ne s'en sert pas (Herbert, Becker, Brown et Sharpe, Pratt et Whitney).

Enfin le serrage de la fraise par une clavette traversant normalement sa tige, ainsi que l'arbre, dans des mortaises est à éviter, d'abord parce que l'inclinaison de la clavette tend à faire dévier l'axe de la fraise et qu'ensuite on est obligé d'avoir recours au marteau pour enfoncer ou faire sortir la clavette et qu'on a ainsi une cause certaine de détériorations.

Chariots. — Les chariots disposés sous la pièce ou parfois sous l'outil sont généralement guidés en queue d'aronde; pour supprimer les jeux, un des bords de la glissière est muni d'une règle de serrage à côtés parallèles manœuvrée par des vis, ou d'une règle en forme de coin qu'on enfonce plus ou moins (Cincinnati, Herbert). Toutefois, dans les machines puissantes, en particulier dans les machines à fraiser, genre raboteuse (Pratt et Whitney, Reinecker, Ingersoll), les glissières sont rectangulaires avec rattrapage de jeu au moyen d'un lardon; dans ces machines, en effet, qui sont susceptibles de travailler des pièces en porte-à-faux vertical, il peut y avoir une tendance au soulèvement autour d'une des glissières; dans le cas de glissières rectangulaires, le soulèvement sera égal au jeu, alors qu'avec des glissières en queue d'aronde il serait égal à ce jeu divisé par le cosinus de l'angle d'inclinaison de la queue d'aronde, et par conséquent plus considérable. Pour éviter les flexions, les chariots doivent porter par la plus grande largeur possible (Brown et Sharpe, Becker, Herbert, Reinecker); ils sont, au contraire, d'autant mieux guidés, que les glissières sont relativement étroites par rapport à la longueur de la partie qui coulisse (machine à fraiser verticale Brown et Sharpe, machine Herbert). On sait en effet qu'on manœuvre beaucoup plus facilement un tiroir long et étroit que large et peu profond.

Conduite des chariots. — Pour la conduite des chariots, nous avons vu qu'à l'ori-

gine on employait le pignon et la crémaillère fixée sous le chariot; ce mode de commande présente les inconvénients suivants : l'action oblique des dents du pignon sur les dents de la crémaillère, par rapport à la direction du chariot, tend soit à soulever la crémaillère et par suite le chariot, soit à éloigner l'axe du pignon, si le soulèvement est empêché par la forme des glissières; ce dernier effet peut se produire grâce au jeu de l'axe et à l'élasticité même de la matière; dans ce cas, le point de contact des dents change, ce qui équivaut à un retour en arrière du pignon, qui se traduit par un recul d'une quantité égale du chariot; il résulte de là une avance oscillante, qui se manifeste par une ondulation de la surface coupée. Un autre inconvénient de la conduite par crémaillère tient à la réversibilité de la commande; lorsque le déclenchement du mouvement automatique se produit, la fraise, si elle est encore en prise avec le métal de la pièce, tend à entraîner celle-ci et le chariot dans le sens de son mouvement de rotation, et comme généralement le mouvement de rotation de la fraise a lieu en sens inverse du mouvement d'avance, il se produit un mouvement brusque de recul qui peut dégrader la pièce et la machine elle-même. Par contre, la crémaillère présente l'avantage d'une manœuvre rapide des chariots à la main et par suite diminue les temps perdus dans le travail effectif.

On emploie ordinairement aujourd'hui la vis avec écrou et portion d'écrou; une des deux pièces, vis ou écrou, est adaptée au chariot, l'autre l'est à la semelle et reçoit le mouvement de rotation; quelquefois la poussée de la vis sans fin est supportée par des roulements à billes (Brown et Sharpe, Cincinnati, Pratt et Whitney). Dans les fortes machines à fraiser, horizontales ou verticales, de MM. Bariquand et Marre, la vis adaptée à la semelle est courte, de grand diamètre et à plusieurs filets; elle engrène avec un secteur d'écrou en forme de crémaillère, fixé sous le chariot; cette disposition peut être utilisée pour un retour rapide comme une crémaillère; de plus, l'arrêt du mouvement laisse cette vis en prise avec son secteur d'écrou et empêche tout entraînement.

La même disposition se trouve souvent dans les machines à fraiser, genre raboteuse (Pratt et Whitney, Reinecker); dans la machine de la Société Alsacienne, c'est, au contraire, la vis qui a toute la longueur du chariot et est fixée à la semelle; une portion de secteur d'écrou est fixée sous le chariot; enfin, dans la machine Ingersoll, une longue crémaillère droite est attachée sous le chariot et engrène avec une vis sans fin, inclinée sur l'axe du chariot de l'angle d'inclinaison des filets.

MM. Brown et Sharpe sont revenus dans leurs machines à fraiser horizontales, de modèle puissant, à la commande par pignon et crémaillère; pour éviter les inconvénients dont il a été question plus haut, ils attachent le pignon de court et le font tourner dans une large douille; de plus, ils placent la crémaillère de champ, de façon à éviter les tendances au soulèvement du chariot; enfin, pour éviter tout mouvement en arrière de la crémaillère au moment du déclenchement automatique, la commande du pignon est assurée par roue et vis sans fin; au moment de l'arrêt, ces deux pièces restent embrayées, et c'est la commande de la vis, par un joint universel, qui est interrompue.

Déplacements des chariots. — Les chariots peuvent posséder trois déplacements perpendiculaires automatiques, longitudinal, transversal et vertical; le mouvement vertical automatique dans les machines verticales et le mouvement transversal automatique dans les machines horizontales ne sont guère utilisés que pour l'alésage; dans les plus gros modèles, le banc est fixe et ne possède pas de mouvement vertical, ce déplacement est reporté sur l'outil; en général, les machines de fabrication courante n'ont que deux déplacements automatiques horizontaux et souvent même un seul mouvement, le longitudinal; quoi qu'il en soit, les trois mouvements existent, et ceux qui ne sont pas automatiques, s'ils ne servent pas pour le travail, doivent servir pour le réglage. Quelquefois on ajoute aux trois chariots un plateau circulaire avec ou sans mouvement automatique de rotation par roue et vis sans fin; ce plateau peut se placer sur le chariot supérieur pour servir à orienter la pièce ou à fraiser circulairement, principalement sur les machines à fraiser verticales, ou bien il se place sous ce chariot qu'il permet d'obliquer pour fraiser en hélice avec les machines horizontales et dans une direction quelconque avec les machines verticales.

Commande générale de la machine. — La commande générale de la machine se fait le plus souvent, dans les machines horizontales, sur un cône à étages placé sur l'arbre porte-fraise, et, dans les machines verticales, sur un arbre indépendant, duquel le mouvement est renvoyé à la fraise par poulies et courroies avec galets intermédiaires ou par engrenages et arbres auxiliaires. Les machines de quelque puissance sont munies d'un harnais d'engrenages; ces engrenages, dans les machines françaises et belges, sont généralement hélicoïdaux, dans le but de donner plus de douceur dans la transmission du mouvement et d'éviter le féraillement qui se produit lorsque la taille des dents laisse à désirer; dans les machines américaines, anglaises et allemandes, les dents sont droites; il est en effet possible d'obtenir des engrenages droits, corrects, et absolument silencieux maintenant que la perfection de l'outillage et des machines permettent de construire des engrenages sans jeu. Nous rappellerons d'ailleurs, au sujet des harnais d'engrenages dentés en hélice, l'observation suivante : les constructeurs, dans le but de diminuer les poussées qui se produisent sur les axes, disposent les deux roues du même arbre avec des dents à hélices opposées; mais, dans ce cas, comme une des roues est menante et l'autre menée, les deux efforts s'ajoutent; il paraîtrait donc préférable, pour contrebalancer la poussée d'une des roues par l'autre, de faire les deux hélices dans le même sens, suivant la disposition adoptée par M. Ernault dans sa machine à tailler les engrenages coniques.

Les machines de la Dresdner Bohrmaschinenfabrik présentent cette particularité, qu'il est possible de passer instantanément de la marche lente de la poupée à la marche à la volée. Par la simple manœuvre d'un levier, on éloigne ou on rapproche l'arbre auxiliaire en même temps qu'on déplace sur l'arbre de la poupée un manchon qui assure ou supprime la liaison du cône et de l'engrenage voisin.

M. Prétot, M. Ernault et le Progrès industriel remplacent le harnais par un équipage

épicycloïdal permettant de marcher soit à la volée, soit à vitesse réduite. Dans la machine de M. Prétot, le train est monté sur les deux faces d'une même poulie et comprend deux roues satellites fixées à un axe fou traversant la toile du milieu de la poulie; l'un de ces satellites est en prise avec une roue qui peut être ou folle sur l'arbre, ou immobile lorsqu'on la relie à la douille de l'arbre; l'autre est également en prise avec une roue qui peut être ou fixée à la poulie, ou fixée à l'arbre; par la première combinaison, on a la marche à la volée; par la deuxième, la marche réduite dans le rapport des engrenages. Dans la machine de M. Ernault, le renvoi fixé sur la machine possède trois poulies, une folle entre deux fixes, dont l'une est munie du harnais épicycloïdal; la combinaison est à peu près la même que dans la machine Prétot, mais comme ici la poulie munie du train ne sert que pour la vitesse réduite, des deux roues réductives concentriques à l'arbre, l'une est toujours immobile et l'autre toujours reliée à l'arbre. Enfin, dans la machine du Progrès industriel, le cône de commande est solidaire d'un manchon taillé en forme de pignon; sur ce manchon tourne folle une roue taillée extérieurement et, entre le pignon et la roue, deux satellites diamétralement opposés sont montés sur des axes fixés à un plateau claveté sur l'arbre de commande. On peut rendre le cône solidaire de la roue taillée extérieurement, et alors les satellites n'étant animés que du mouvement d'ensemble entraînent l'arbre à la volée; au contraire, on peut immobiliser la roue dentée; dans ce cas, le pignon de la douille fait tourner les satellites qui se développent sur la roue fixe et entraînent l'arbre à la vitesse réduite.

Ce système de harnais par train épicycloïdal a l'avantage de permettre de grands rapports de réduction de vitesse avec un faible encombrement; en outre, par suite de l'emploi de pignons satellites opposés, le moment de rotation est remplacé par un couple dont les actions symétriques n'exercent pas de réaction sur leurs paliers (Société Alsacienne).

Nous citerons, pour terminer, la commande de l'arbre porte-fraise par vis sans fin et engrenages globoïdaux, qui est employée par la Maschinenfabrick Pekrun, dans ses modèles les plus forts de machines à fraiser horizontale : la poussée de la vis sans fin est exercée sur une butée à billes.

Commande de l'avance des chariots. — La commande de l'avance doit être prise sur l'arbre de la fraise ou sur un arbre qui le précède dans la transmission du mouvement, mais qui lui est relié par engrenages sans interposition de courroies; il faut éviter en effet que, la fraise s'arrêtant ou ralentissant sa vitesse par suite de la chute ou du glissement d'une courroie, l'avance continue avec la même vitesse. Cependant M. Reinecker signale comme une amélioration toute particulière dans ses machines à fraiser ce fait, que les mouvements des chariots sont indépendants de ceux de l'arbre porte-fraise et sont directement fournis par le renvoi, avec toute la variété des avances nécessaires pour obtenir la plus avantageuse; allant au-devant de l'objection qui pourrait lui être faite, que la fraise ou la pièce à travailler serait détériorée dans le cas où la commande du porte-fraise viendrait à glisser ou à tomber, il répond que ce genre d'accident ne

s'est jamais produit sur les machines qu'il a livrées. Nous avons, pour notre compte, vu le phénomène se produire à la Manufacture d'armes de Tulle, et nous pensons, d'autre part, qu'on ne saurait éprouver de difficulté sérieuse à donner rapidement à la pièce une avance qui se rapproche suffisamment de la plus avantageuse avec des machines qui, comme celles que nous avons eu à examiner en 1900, fournissent six, huit et même seize vitesses différentes d'avance pour une même vitesse de rotation du porte-fraise; toutefois il est avantageux d'établir au préalable pour chaque type de machines des tableaux donnant immédiatement toutes les combinaisons d'avance possibles. Il y a lieu de citer à ce sujet la machine à fraiser universelle de la Cincinnati M. M. C., qui, pour une même vitesse de rotation de la fraise, permet d'obtenir seize vitesses d'avance différentes et trente-deux en intervertissant deux engrenages. A cet effet, deux boîtes d'engrenages, l'une traversée par l'arbre porte-fraise, l'autre servant d'intermédiaire pour transmettre le mouvement des chariots, sont réunies par joint universel et pignons d'angles; la première série d'engrenages permet deux combinaisons de vitesse, la deuxième, huit, soit en tout seize. De plus, en intervertissant les engrenages de la première, on obtient en tout trente-deux combinaisons.

Quant à la commande des chariots, certains constructeurs, M. Ducommun et M. Reinecker entre autres, masquent à l'intérieur de la machine une grande partie de ses organes, pour les mettre à l'abri des mutilations et de la poussière, mais rendent le nettoyage d'autant plus difficile; d'autres, au contraire, parmi lesquels il y a lieu de citer en première ligne MM. Brown et Sharpe, renoncent à cette disposition et tendent à rejeter ces organes vers l'extérieur, en les garantissant simplement par des enveloppes protectrices faciles à enlever.

Les organes de ces mouvements automatiques comprennent généralement une ou deux séries de poulies ou de cônes avec transmission du mouvement de l'une à l'autre par courroies simples, courroies à coin (Société Alsacienne) ou mieux par chaînes avec roues à dents (Brown et Sharpe); puis une succession d'engrenages réunis parfois en harnais et permettant de nombreuses combinaisons de vitesses (Cincinnati); certains éléments de ces engrenages sont au besoin mobiles sur clavette le long de leurs axes pour suivre les déplacements des supports auxquels ils sont adaptés; ils sont dirigés de façon à aboutir à la vis ou à l'écrou de chaque chariot, au pignon de la crémaillère ou à la vis sans fin du plateau circulaire; il y a lieu de remarquer la tendance qu'ont les constructeurs à réduire le nombre des engrenages qui ont uniquement pour but de racheter les différences de niveau et de direction des points de départ et d'arrivée, en intercalant un arbre extensible formé de deux parties engagées à télescope l'une dans l'autre, avec liaison par clavette, et se réunissant par chaque bout aux axes voisins au moyen d'un joint universel; cependant M. Reinecker a abandonné cette disposition pour pouvoir masquer à l'intérieur les organes de mouvement. MM. Brown et Sharpe, dans certaines de leurs machines, ont pu éviter sur la vis d'avance de la table la rainure, qui est parfois une cause rapide d'usure de l'écrou, en transmettant par joint universel le mouvement à un arbre auxiliaire qui actionne les engrenages qui le relient à la vis.

MM. Bement-Miles et C°, MM. Smith et Coventry, la Société Alsacienne, se servent pour la transmission de l'arbre aux chariots de plateaux de frictions, genre Sellers, qui donnent une grande latitude et une grande rapidité dans la variation de l'avance; M. Ingersoll emploie, comme intermédiaires, deux plateaux perpendiculaires agissant par friction.

Quand l'avance automatique peut être donnée à plusieurs mouvements, l'origine de la commande est généralement commune et se divise ensuite. Le mécanisme de changement de marche est ordinairement intercalé dans la commande commune et ne permet aux différents mouvements, lorsqu'ils peuvent être simultanés, de ne marcher que dans un sens déterminé (Brown et Sharpe, Reinecker, Cincinnati); il peut s'établir entre deux arbres parallèles ou entre deux arbres à axes perpendiculaires; dans le premier cas, la liaison des arbres se fait par engrenages directement ou par l'intermédiaire d'un axe auxiliaire avec l'emploi d'un système de bascule portant une partie des roues (Brown et Sharpe, Cincinnati) ou d'un manchon doublement denté claveté sur le deuxième arbre et mobile suivant la longueur; dans le deuxième cas, elle se fait par trois roues

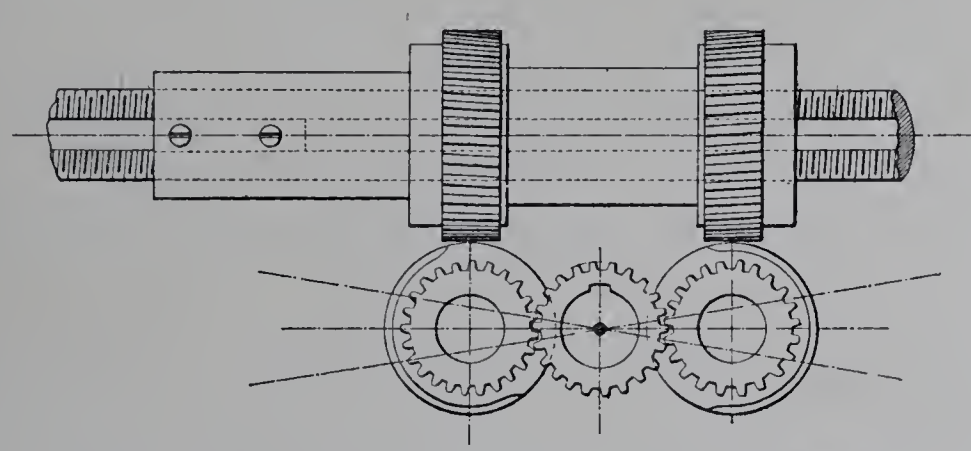


Fig. 87. — Bascule de changement de marche (Bariquand et Marre).

d'angle avec déplacement d'un système de deux d'entre elles (Bouhey) ou d'un manchon doublement denté analogue au précédent. MM. Bariquand et Marre emploient leur système à bascule de deux vis sans fin parallèles, mais de pas contraires, dont les axes sont commandés par un même pignon monté sur le premier arbre; suivant le sens de l'avance que l'on veut obtenir, l'une ou l'autre des deux vis est engrenée avec l'une des deux roues calées sur le deuxième arbre. La machine à fraiser verticale, grand modèle, des mêmes constructeurs, a le changement de marche transversal indépendant du longitudinal et établi entre deux arbres perpendiculaires au moyen de trois pignons d'angle et d'un manchon doublement denté; les deux mouvements automatiques sont ici absolument indépendants et peuvent marcher simultanément et dans n'importe quel sens. Dans leur machine à fraiser horizontale, grand modèle, au contraire, le joint universel à tubes télescopiques se griffe soit sur la commande des chariots horizontaux, soit sur la commande du chariot vertical; ces mouvements ne peuvent donc pas être simultanés, mais ici les mouvements transversaux et d'ascension ne sont que des mouvements de manœuvre; un seul et unique mécanisme à joint universel qui se monte sur l'un

quelconque des arbres de commande donne également, dans les machines de M. Dubosc, l'automaticité aux trois mouvements que peut prendre la table. M. Huré obtient le même résultat dans sa machine universelle par la rotation du levier qui, au moyen d'un pignon droit intermédiaire, met en prise un pignon monté sur l'arbre principal de commande avec des roues montées sur l'arbre de commande de chaque déplacement. Lorsque la commande a lieu par plateau et disque de friction, le changement de marche s'obtient par le déplacement des galets de l'un ou l'autre côté du centre du plateau.

Chaque mouvement automatique possède un mécanisme d'embrayage et de débrayage permettant de l'employer à l'exclusion des autres ou bien de l'isoler et de le manœuvrer à la main; ce mécanisme réside soit dans le déplacement, suivant son axe, d'une roue (Bouhey), ou d'un manchon denté (Ducommun), soit dans l'emploi d'une vis sans fin qui se sépare de sa roue ou s'y relie par un effet de bascule ou d'une friction qui solidarise l'arbre de transmission du mouvement avec la commande ou bien l'en sépare (Ingersoll).

Dans les machines qui disposent du manchon denté ou de la vis sans fin à bascule, le débrayage automatique se fait par la rencontre du levier, qui maintient le manchon ou la poignée de manœuvre de la vis sans fin à la position d'embrayage, avec une butée fixée le long du chariot; dans le système de MM. Bariquand et Marre, le mécanisme de changement de marche se confond avec celui du débrayage automatique, des ressorts tendant à ramener toujours à l'arrêt le système du levier d'enclenchement après son dégagement.

Retour des chariots. — Pour la manœuvre des chariots ou du plateau circulaire à la main, on actionne, à l'aide d'une manivelle, ou, pour les fortes machines, à l'aide d'un levier à cliquet et rochet, l'organe qui conduit le chariot. Pour éviter les pertes de temps, il est avantageux de pouvoir disposer d'un retour rapide : les chariots munis d'une crémaillère le fournissent naturellement (Brown et Sharpe); dans leurs fortes machines à fraiser horizontales ou verticales, dont le chariot est muni d'un secteur d'écrou allongé, MM. Bariquand et Marre séparent l'écrou de la vis et agissent sur l'écrou à l'aide d'un pignon comme sur une crémaillère; dans les machines commandées par vis sans fin, le retour rapide à la main est obtenu par une multiplication d'engrenages (Ducommun, Reinecker, Brown et Sharpe) et peut quelquefois se commander à l'une ou l'autre des deux extrémités de la table (Cincinnati).

Le retour rapide peut être automatique. A cet effet, les machines Ducommun possèdent une disposition pour passer rapidement de la vitesse d'avance lente à une vitesse accélérée dans le rapport de 1 à 10, par le simple déplacement d'un manchon au moyen d'une tige à bouton; cette disposition, combinée avec le mouvement d'avance dans les deux sens, permet le retour rapide automatique; M. Reinecker, dans ses fortes machines, obtient le même résultat au moyen de deux leviers oscillants dont l'un supporte la vis tangente donnant l'avance et l'autre un pignon intermédiaire pour le retour; ces leviers se trouvent retenus à leur position d'engrènement par le cran d'un levier dont ils se dé-

gagent sous l'action des taquets de débrayage. Un levier double à bascule, oscillant autour de son centre, empêche l'engrènement simultané des deux leviers. Les machines, genre raboteuse, destinées au travail de pièces pesantes possèdent en général un retour rapide automatique du chariot et un déplacement vertical automatique de la tête (Pratt et Whitney, Ingersoll); ces déplacements, qui n'ont pour but que de faciliter la manœuvre, sont le plus souvent obtenus par un renvoi indépendant du mouvement de travail.

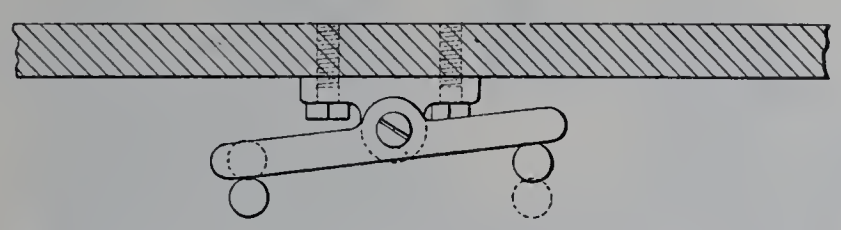


Fig. 88. — Levier double à bascule empêchant l'embrayage simultané du mouvement d'avance et du mouvement de retour (Reinecker).

Dans ces différentes machines, le passage du mouvement lent de travail à celui du retour rapide n'est pas automatique et instantané et exige la manœuvre de l'embrayage; quelquefois, cependant, il se produit instantanément à fin de course, par exemple dans la machine à tailler automatiquement les roues d'engrenages de MM. Brown et Sharpe.

Butées de réglage et de débrayage. — Les butées de débrayage se fixent solidement dans des rainures à T disposées sur le côté des chariots et viennent agir sur le levier de déclenchement; quelquefois des butées de réglage d'une plus grande sensibilité sont distinctes des premières et permettent d'obtenir des pièces avec un aussi grand degré de précision que possible; ce sont ordinairement des vis micrométriques de palmer avec graduation (Bariquand); parfois aussi des cadrans gradués disposés à l'extrémité des vis de chariots permettent de repérer les réglages (Cincinnati).

I. MACHINES HORIZONTALES.

Les machines horizontales sont les premières venues parmi les machines à fraiser; dans les modèles primitifs, c'est l'arbre porte-fraise qui est réglable en hauteur; aujourd'hui, dans les modèles les plus répandus, destinés au travail des pièces de poids et de dimensions moyennes, l'arbre est fixe, et c'est la table de la machine qui possède les mouvements dans tous les sens.

Machines à arbre fixe. — Les machines simples sont disposées pour des passes rectilignes; au moyen d'un outillage et d'un appareillage spéciaux, elles permettent de répéter sur toute une série de pièces la même opération un très grand nombre de fois, à l'aide d'un ouvrier d'habileté très rudimentaire, qui souvent pourra conduire simultanément plusieurs machines. Les machines dites «universelles», au contraire, peuvent automatiquement fraiser des rainures droites ou hélicoïdales sur des cylindres ou sur des

cônes; à cet effet, leur table peut pivoter sous un certain angle et reçoit un appareil diviseur universel inclinable verticalement et permettant, au moyen de roues dentées, de combiner le mouvement de rotation de son arbre avec le mouvement de translation

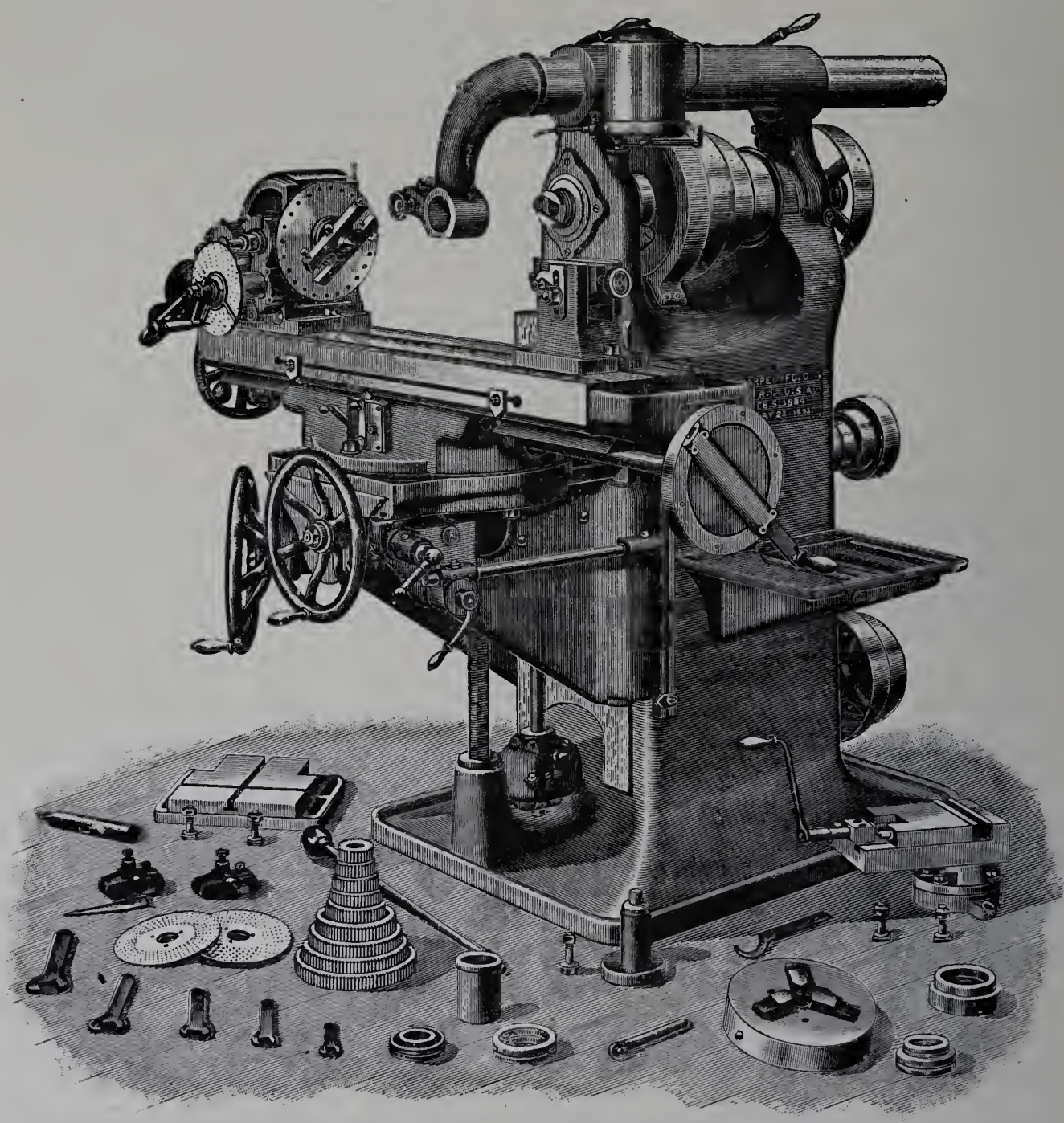


Fig. 89. — Machine à fraiser universelle n° 4 (Brown et Sharpe).

de la plate-forme; ces machines sont disposées pour effectuer des travaux variés et en particulier des travaux d'outillage; elles permettent la construction des fraises cylindriques et coniques à denture rectiligne ou hélicoïdale, des tarauds, des alésoirs, des engrenages cylindriques droits ou hélicoïdaux, etc., mais elles exigent pour leur mise en marche et leur surveillance des ouvriers d'une certaine habileté.

Les constructeurs fabriquent en général, dans chaque série, la machine ordinaire et la machine universelle correspondante, la première plus simple, plus rigide, mais susceptible de produire un travail plus pénible que la seconde, l'une et l'autre de même aspect extérieur et présentant au fond les mêmes caractères fondamentaux.

Le bâti est surmonté d'une poupée portant la commande principale et l'arbre porte-fraise; grâce aux perfectionnements apportés dans la construction des machines et malgré les difficultés que présente la nécessité d'assurer la perpendicularité de l'axe de la broche par rapport à la face d'appui du support des chariots, cette poupée fait généralement corps avec le bâti et donne une plus grande stabilité à l'ensemble; une potence formant chariot vertical est surmontée de deux chariots se déplaçant l'un longitudinalement, l'autre transversalement; le mouvement automatique peut être donné à ces trois chariots, mais le plus souvent, surtout dans les machines simples, il n'est donné que

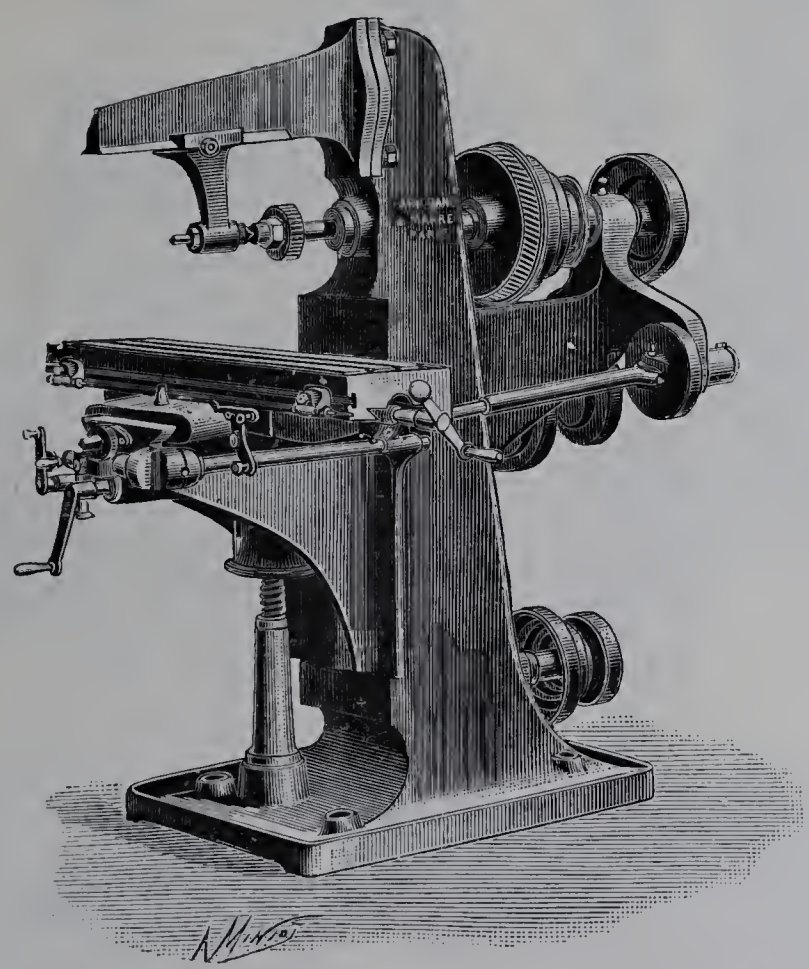


Fig. 90. — Machine à fraiser horizontale n° 3 (Bariquand et Marre).

longitudinalement au chariot supérieur et le mouvement des deux autres ne sert que pour le réglage à la main; quelquefois la potence est équilibrée par un contrepoids placé à l'intérieur du socle (Progrès industriel). Dans les machines de M. Dubosc, la table est guidée dans ses déplacements verticaux par un gros fût cylindrique creux. Sauf dans les petits modèles (Brown et Sharpe, Maschinenfabrik Pekrun), la poupée est munie d'un harnais d'engrenages, dont l'arbre auxiliaire est généralement placé sur le côté de l'arbre principal, quelquefois en dessous (Brown et Sharpe). La fraise est soutenue par une contre-pointe, adaptée à un bras qui se fixe sur le dessus des deux montants de la poupée ou parfois sur le devant au moyen de quatre boulons (Bariquand et Marre); la partie du bras qui est adaptée à la poupée peut être cylindrique et se déplacer d'après la position à donner à la contre-pointe (Dresdner, Maschinenfabrik Pekrun, Schultz, Smith et Coventry, Cincinnati), ou bien le bras est fixe et la partie située en dehors de

la poupée est cylindrique (Ducommun, Reinecker, Brown et Sharpe), ou façonnée à la partie inférieure en forme de queue d'aronde (Bariquand et Marre), et le support de contre-pointe peut se fixer en un point quelconque de sa longueur; la maison Ducommun utilise la partie creuse de cet arbre-support comme réservoir d'huile pour la lubrification de l'outil. La contre-pointe se visse dans le support ou mieux elle est munie

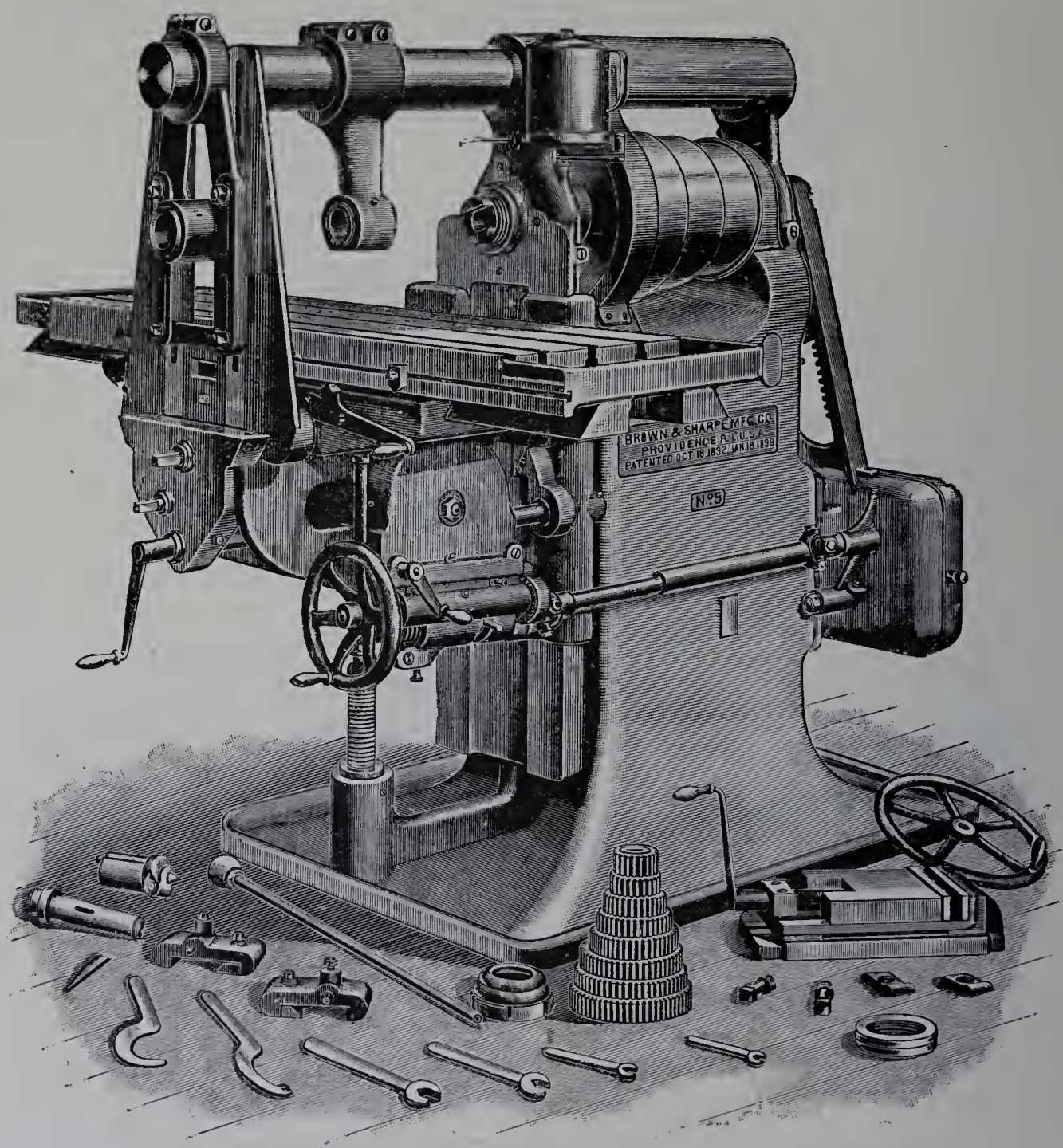


Fig. 91. — Machine à fraiser ordinaire n° 5 (Brown et Sharpe).

d'une oreille et est entraînée par une vis fixée au support (Reinecker, Brown et Sharpe); il est en tout cas essentiel que son axe soit exactement dans le prolongement de celui de l'arbre de la fraise. Toutefois la contre-pointe présente l'inconvénient de résister aux allongements que les échauffements peuvent produire sur le mandrin porte-fraise; aussi certains constructeurs supportent l'extrémité du mandrin par un coussinet cylindrique fixé dans une lunette, lui laissant la liberté de se dilater (Pekrun, grands modèles, et

Brown et Sharpe); de plus, ce coussinet peut être muni d'un rattrapage de jeux (Cincinnati).

Dans les machines simples, qui exécutent des travaux parfois pénibles, surtout lorsqu'on fait usage de fraises à grosse denture et de grande longueur, on relie le support de contre-pointe à la potence, au moyen de deux bras (Dresdner, Reinecker, Brown et Sharpe, Cincinnati, Oesterlein). MM. Brown et Sharpe, dans leurs plus forts modèles, ajoutent un support-coussinet qui permet de soutenir l'arbre de la fraise à proximité de l'outil. C'est la disposition adoptée dans la machine n° 5 qui était exposée à Vincennes; cette machine présente d'ailleurs d'autres dispositions intéressantes : le mouvement est donné à la broche par un cône à trois étages possédant un double harnais d'engrenages avec un système de sûreté pour éviter la mise en prise simultanée de ces deux harnais; on a ainsi neuf vitesses donnant, avec la disposition double du renvoi, dix-huit vitesses variant de 10 à 404 tours. Le mouvement des chariots est pris sur l'axe du cône et transmis à la boîte d'engrenages par la chaîne « Renold », fort employée par la maison Brown et Sharpe; on obtient ainsi, à l'aide d'engrenages de rechange, huit vitesses différentes d'avance variant de 0 millim., 3 à 8 millimètres par tour de la broche; puis, par l'intermédiaire d'un joint universel, le mouvement est communiqué au chariot par roue, vis sans fin, pignon et crémaillère avec débrayage laissant la vis sans fin toujours engagée avec sa roue et la table bloquée comme dans une machine à avance par vis. Cette machine possède une avance automatique longitudinale et transversale et au besoin verticale; la course longitudinale est de 1 m. 20.

Machines à banc fixe et à déplacement vertical de l'arbre. — Dans les machines de fabrication courante destinées à la fabrication de pièces d'armes, de cycles, de machines à coudre, etc., en grande série, les constructeurs, pour simplifier les organes et augmenter la rigidité de l'ensemble, supportent la table de la machine par un bâti fixe et donnent le réglage dans le sens vertical à l'arbre porte-fraise. C'est la disposition que nous avons rencontrée, dès l'origine des machines à fraiser, dans le type Lincoln; nous la retrouvons d'abord dans une machine de MM. Brown et Sharpe, mais alors le réglage est donné à l'arbre porte-fraise par l'oscillation de la tête autour de l'arbre de commande, puis dans une machine « Grant » caractérisée par son arbre porte-fraise, qui est placé excentriquement dans un grand cylindre pouvant recevoir un mouvement de rotation de réglage à l'aide d'une vis sans fin manœuvrée de l'extérieur et susceptible d'être solidement serré dans la position convenable.

Une machine double du type Lincoln, exposée par MM. Ward et Cie, permet le fraisage des pièces des deux côtés à la fois avec des fraises placées à la même hauteur ou à des hauteurs différentes. Les têtes portant les arbres possèdent un réglage horizontal et un mouvement vertical indépendants.

La Maschinenfabrik Pekrun expose également deux machines horizontales doubles à fraiser, de dimensions moyennes, dont l'une a des arbres horizontaux et l'autre des arbres porte-fraise inclinables à 45 degrés dans les deux sens. La tête possède le mou-

vement de réglage vertical; quant au réglage transversal, il est obtenu par un déplacement de l'arbre porte-fraise suivant son axe. Les ateliers Demoor construisent aussi une machine à fraiser double, horizontale, comprenant deux poupées porte-fraise mobiles sur le bâti dans la direction de leur arbre; le mouvement du chariot est pris sur la poupée de droite, mais se trouve indépendant du mouvement de rotation de l'arbre de la poupée de gauche. Une machine de la Maschinenfabrik Pekrun paraît spécialement disposée pour le travail en bout et peut servir de machine à aléser. La table et les poupées sont supportées directement par un bâti très rigide; la poupée porte-fraise est solidaire d'une colonne réglable verticalement et reliée solidement au bâti pendant le fraisage. Une lunette mobile peut servir à supporter la barre d'alésage; enfin, non seulement le mouvement longitudinal, mais le mouvement transversal sont automatiques.

Les machines de plus fort modèle, de dimensions de table pouvant atteindre 2 mètres sur 0 m. 80, destinées à la confection de pièces lourdes et encombrantes, telles que

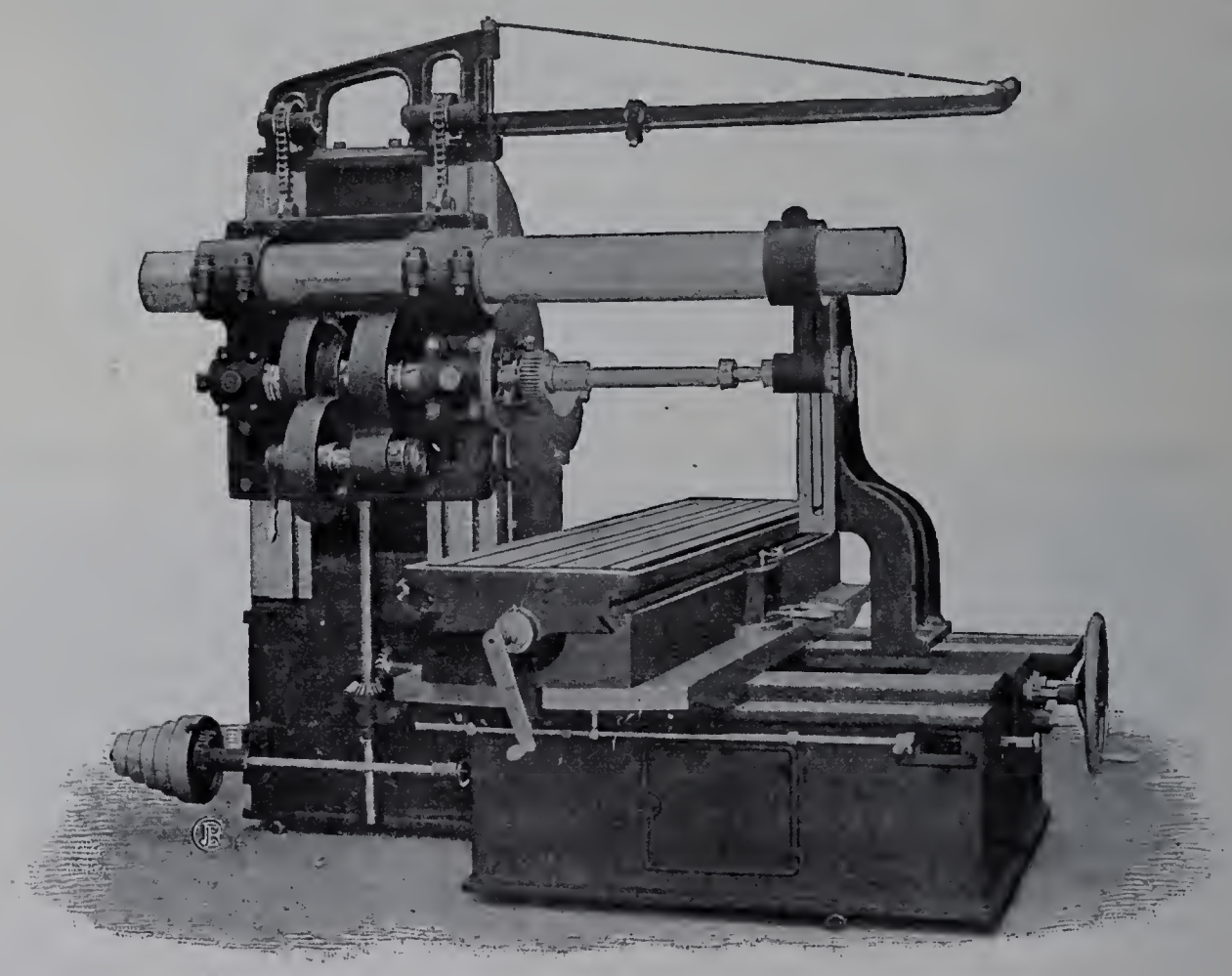


Fig. 92. — Machine à fraiser de dimensions de table de 2 mètres sur 0 m. 800 (Reinecker).

les pièces de machine, ont toutes le support de la table fixe. M. Reinecker et M. Ernault exposent des types de machines de cette espèce qui présentent une certaine analogie entre elles. Le banc en forme de caisse donne aux chariots un solide appui; le chariot inférieur est aussi long que le chariot supérieur, de façon à éviter les flexions; le mouvement vertical est reporté sur la tête de la machine qui est supportée par un chariot se déplaçant le long d'un montant vertical; ce chariot, qui est équilibré, porte un bras-support de lunette ou de contre-pointe, qui est lui-même soutenu en lunette par un

montant spécial solidement fixé au bâti ; un support intermédiaire sur le bras de soutien peut maintenir la broche près de la fraise (Ernault) et une petite grue surmontant la

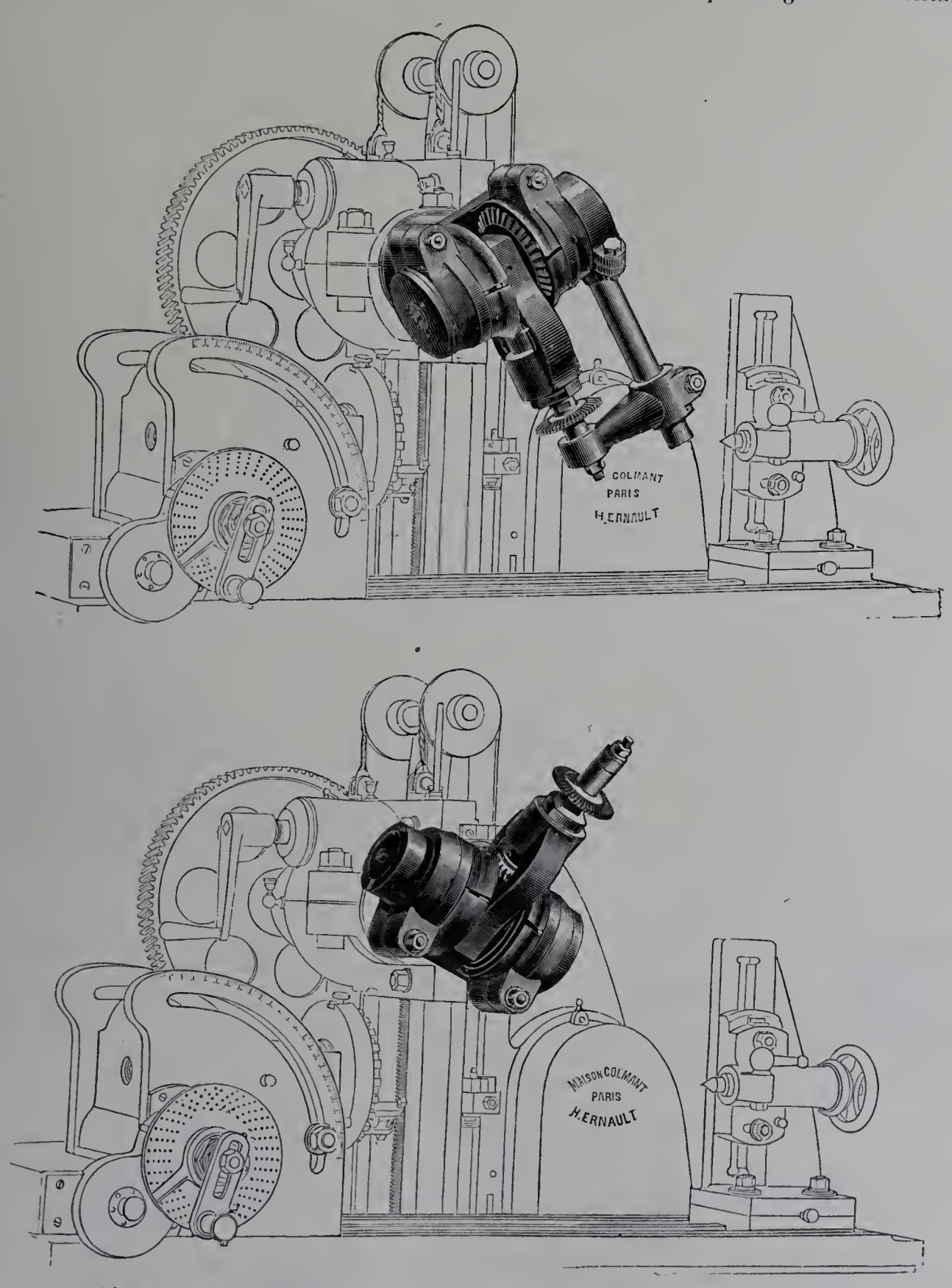


Fig. 93. — Dispositions de la tête de la machine à fraiser universelle (Ernault).

machine facilite le déplacement des pièces (Reinecker). La machine de M. Ernault comporte un appareil pour le fraisage vertical ; le mouvement est transmis de l'arbre horizontal à l'arbre vertical par pignons coniques, et la broche peut s'incliner d'un angle quelconque dans le plan vertical.

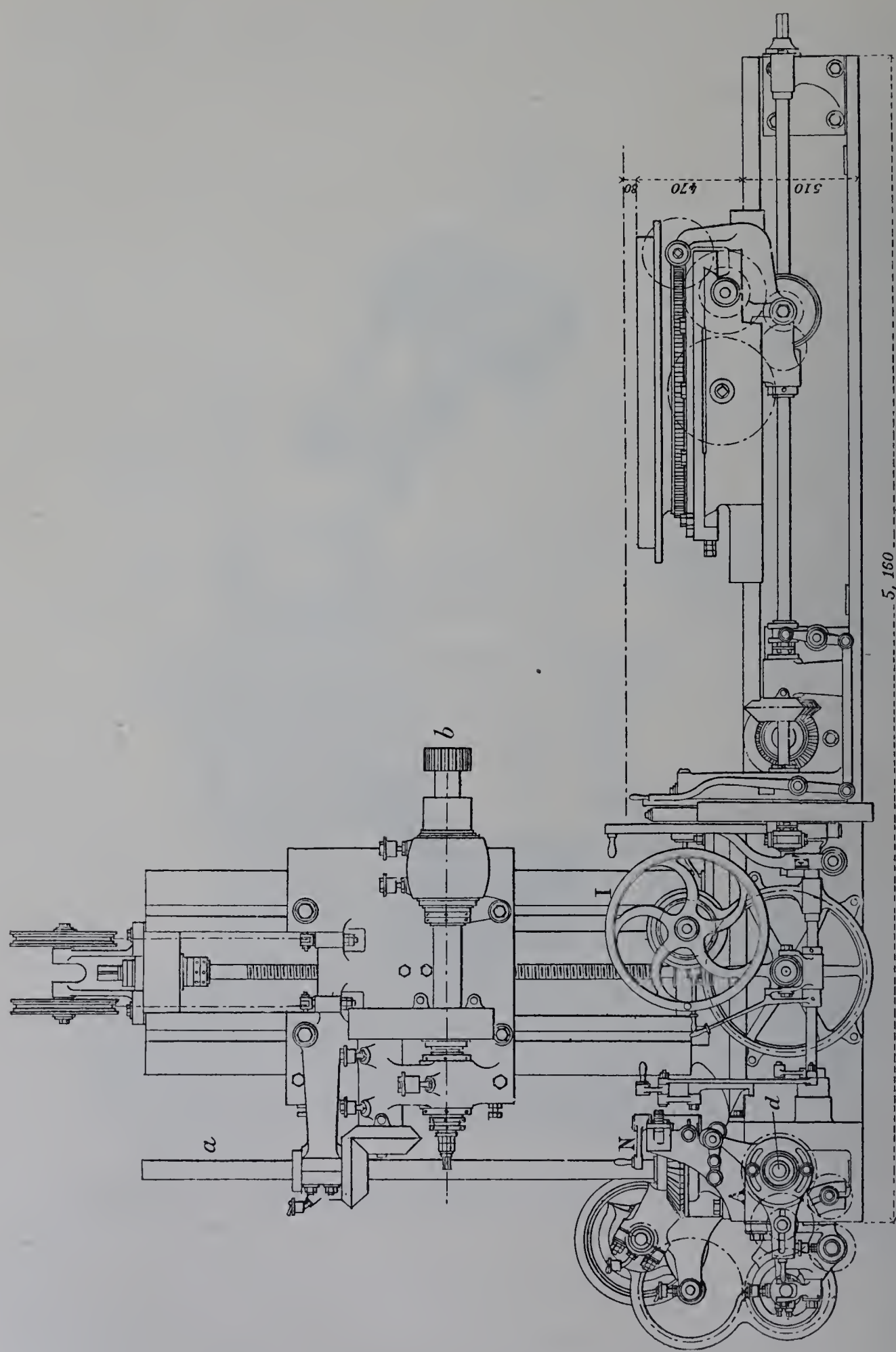


Fig. 94. — Machine à fraiser horizontale à mouvements rapides automatiques (Bouhey).

M. Ernault construit une machine universelle dérivée de sa machine ordinaire. A cet effet, sur la table sont montées une genouillère qui reçoit, par l'intermédiaire d'un

harnais, un mouvement de rotation proportionnel au mouvement de translation de la table, une contre-poupée avec réglage transversal et déplacement vertical et circulaire; mais ici, au lieu du pivotement du chariot, comme dans les machines à potence, c'est la tête qui est rendue universelle et possède un mouvement de translation horizontal et deux déplacements circulaires dans deux plans perpendiculaires; la combinaison de ces trois déplacements permet le fraisage dans n'importe quelle position et sous un angle quelconque dans un plan horizontal, vertical ou oblique (fig. 93).

Les ateliers de construction Oerlikon et les usines Bouhey exposaient l'un et l'autre une machine à fraiser de grandes dimensions, qui peut être avantageusement employée dans la construction des locomotives et des machines en général (fig. 94). Le chariot porte-outil est équilibré et se meut automatiquement le long d'un montant vertical; le bâti est peu élevé et la table qui se trouve près de terre a tous les mouvements de travail automatiques à droite, à gauche, en avant et en arrière, ainsi que le mouvement circulaire. Ce genre de machines étant destiné à travailler des pièces excessivement lourdes, la maison Bouhey a ajouté des mouvements de manœuvre rapide automatiques. Un même arbre, dont la vitesse peut être influencée par des roues de série montées sur une tête de cheval, commande tous les mouvements lents; un autre arbre commande tous les mouvements rapides; tous les déplacements, circulaires ou d'équerre, s'obtiennent soit à la main, soit automatiquement, dans les deux sens et à des vitesses lentes variées pour le travail et rapides pour le retour, par l'emploi répété du dispositif d'entraînement des arbres de commande à l'aide de pignons d'angle fous sur l'arbre, mais que l'on peut rendre solidaires de celui-ci par la manœuvre d'un manchon à griffes. Les organes de commande, volants ou leviers, sont d'ailleurs bien disposés à la main de l'ouvrier. Ce dernier peut manœuvrer les différents organes sans avoir à se déplacer; les leviers principaux commandant les embrayages des serrages de coupe et les mouvements rapides ne peuvent être manœuvrés ensemble; le sens de tirage des leviers de manœuvre correspond à celui de la marche des chariots.

Machines horizontales, genre raboteuse. — Les machines à fraiser, genre raboteuse, sont caractérisées par la table proprement dite qui n'a plus qu'un seul mouvement alternatif horizontal; les mouvements de réglage transversal ou vertical sont reportés sur la tête de la machine ou sur ses supports, et, en raison du poids des organes à déplacer, ils ont souvent lieu mécaniquement. On peut ainsi donner à la table une grande longueur et une grande stabilité.

Ces machines, qui se sont considérablement répandues depuis 1889, sont spécialement destinées au travail en série des grosses pièces de machines et remplacent avantageusement dans bien des cas les machines à raboter. Leur forme varie, suivant qu'elles dérivent des fraiseuses que nous venons de passer en revue (Maschinenfabrik Pekrun) ou des raboteuses à plateau mobile entre deux montants généralement mobiles sans traverse porte-outil (Reinecker, Pratt et Whitney), ou entre deux montants fixes avec traverse porte-outil (Ingersoll, Milling Machine Company, Société Alsacienne).

IMPRIMERIE NATIONALE.

La Maschinenfabrik Pekrun exposait deux types de machines, l'une à une tête, l'autre à deux têtes. Quel que soit le modèle, chaque tête est solidaire d'une colonne réglable verticalement et solidement reliée au bâti pendant le fraisage; un bras permet de soutenir en lunette l'extrémité ou le milieu du mandrin, et le mouvement est transmis à l'arbre porte-fraise par vis sans fin et engrenages globoïdaux.

Les machines de M. Reinecker et de MM. Pratt et Whitney comprennent soit deux têtes porte-fraise, soit une tête porte-fraise et un support à lunette. Les montants qui supportent ces organes ont en général un mouvement de déplacement transversal à la main ou automatique (Reinecker) destiné au réglage de l'outil, et les têtes porte-fraise, ainsi que les supports à lunette, qui dans les forts modèles sont équilibrés, possèdent sur leurs montants un mouvement vertical de réglage à la main ou automatique à l'aide d'une

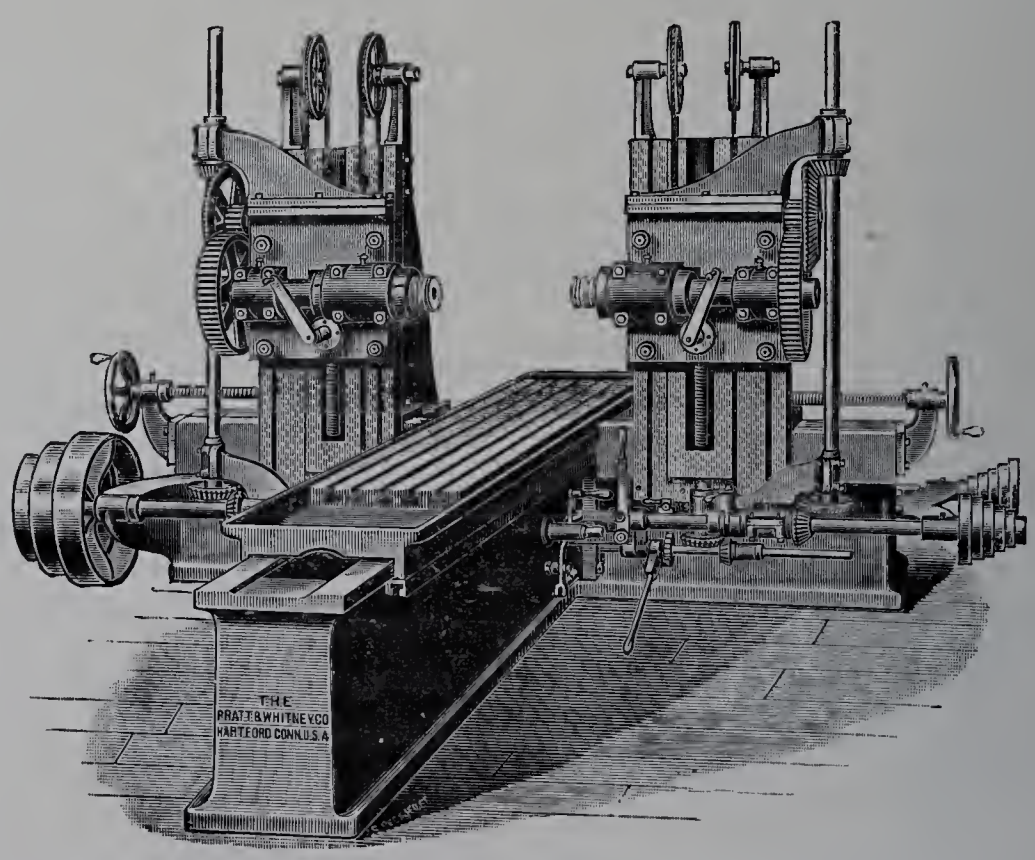


Fig. 95. — Machine à fraiser à deux têtes, genre raboteuse (Pratt et Whitney).

poulie commandée directement par le renvoi (Pratt et Whitney); ce mouvement de réglage peut être simultané ou indépendant sur les deux poupées, suivant qu'on fixe ou qu'on rend fou l'écrou de la vis de montée. En rendant les deux têtes indépendantes, on peut tailler simultanément une pièce suivant plusieurs plans; en les solidarisant, on peut commander la rotation d'un même arbre à ses deux extrémités et éviter, dans une certaine mesure, les torsions et les vibrations qui se produisent pendant les passes puissantes. MM. Pratt et Whitney recommandent, dans les travaux de dégrossissage, de faire marcher la pièce dans le sens de la rotation de la fraise, contrairement à ce qui se fait généralement; c'est, disent-ils, un fait d'expérience qu'en opérant ainsi on consomme moins de force, à la condition qu'il n'existe aucun jeu dans la commande de la table; aussi, en assurant le mouvement du chariot par un long secteur d'écrou, ils munissent

l'arbre à vis sans fin de commande d'une douille ajustable pour le rattrapage de l'usure et reçoivent la poussée à chaque extrémité sur une butée à billes.

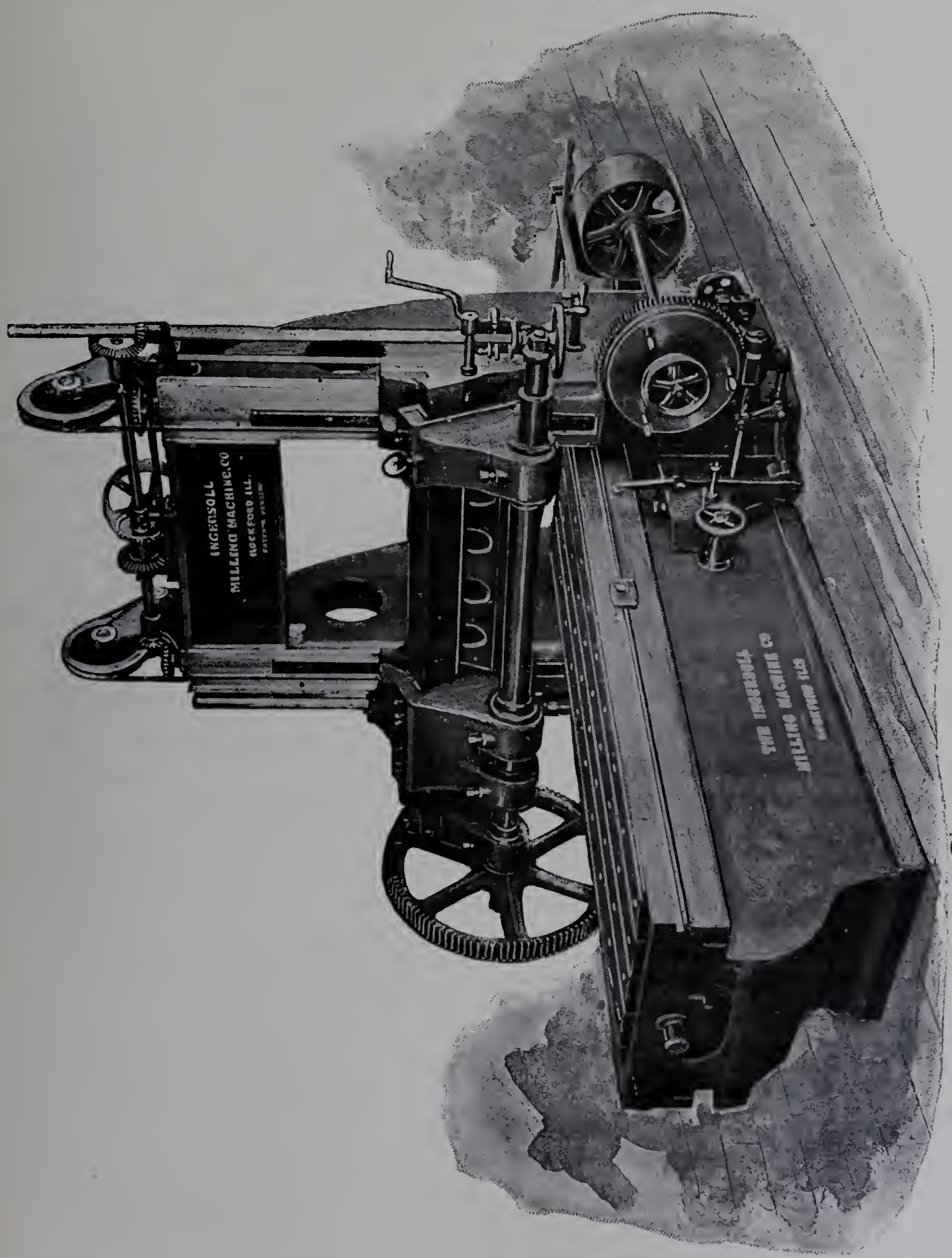


Fig. 96. — Machine à fraiser, genre raboteuse (Ingersoll).

Les machines de la Société Alsacienne et de l'Ingersoll Milling Company (fig. 96) présentent extérieurement l'aspect d'une raboteuse; elles se composent d'un banc sur lequel

coulisse dans des guides en queue d'aronde (Société Alsacienne) ou rectangulaires (Ingersoll) la table qui reçoit les pièces à travailler, de deux montants latéraux reliés entre eux par une entretoise et portant sur leur face antérieure une traverse verticale (Société Alsacienne) ou inclinée à 25 degrés (Ingersoll), sur laquelle sont montées les poupées porte-fraise. La traverse, qui est équilibrée, est mobile dans le sens vertical à la main ou automatiquement à l'aide d'un renvoi spécial (Ingersoll). L'arbre porte-fraise, qui est unique, possède un mouvement de réglage transversal par le déplacement des poupées qui, pendant la période de travail, sont solidement fixées à la traverse. La table possède un retour rapide qui peut être obtenu automatiquement par la manœuvre d'un manchon denté (Société Alsacienne) ou à l'aide d'un renvoi spécial (Ingersoll), après qu'on a isolé, par le desserrage d'une friction, l'arbre de commande de la table. Dans la machine de la Société Alsacienne, le dernier réglage et le mouvement de serrage sont obtenus par le mouvement de descente, non de la traverse, mais de l'arbre seul. A cet effet, l'arbre porte-broche ainsi que la boîte en bronze qui sert de guide dans la poupée de droite sont logés excentriquement dans des douilles qui portent chacune une roue à vis sans fin commandée par des vis, des pignons d'angle et un arbre commun; en faisant tourner cet arbre, on déplace en hauteur l'axe de fraise et on lui fait décrire un cercle de diamètre égal au double de l'excentrage; la roue de commande est folle sur la douille et entraîne le disque calé sur l'arbre porte-fraise par un boulon qui se meut dans un coulisseau. Toutefois il y a lieu de remarquer que la commande du mouvement de rotation a pour ainsi dire lieu par bielle et manivelle excentrée, comme dans une commande Whitworth; la vitesse de rotation n'est donc pas absolument uniforme.

Cette catégorie de machines est disposée pour débiter beaucoup de travail; elles donnent, pour le dégrossissage des surfaces planes, un rendement que l'expérience démontre être au moins le double de celui des machines à raboter et qui est même plus considérable quand la surface à reproduire comporte un profil.

II. MACHINES VERTICALES.

Outre la facilité que les machines à broche verticale peuvent donner dans certains cas pour fixer la pièce sur la table de la machine, elles permettent mieux que les machines horizontales de suivre le travail effectué d'après un tracé, par exemple dans la confection des matrices d'estampage; enfin elles se prêtent tout particulièrement au dressage des surfaces par le travail en bout; toutefois, comme elles ont leur fraise montée en l'air et par conséquent en porte-à-faux, elles ne peuvent recevoir des outils ayant une saillie trop considérable; de plus, on ne saurait admettre sur leur broche le moindre jeu longitudinal, qui, en raison du poids de l'arbre et de la résistance de la pièce, produirait, bien plus encore que dans les machines horizontales, des oscillations nuisibles à la qualité du travail.

Leur conception est postérieure à celle des machines horizontales; actuellement encore, en Amérique, on les utilise surtout comme machines d'usage général; mais pour

la fabrication en série des pièces d'armes, de machines à coudre, de cycles, etc., on a une préférence marquée pour les machines horizontales, qu'on considère, en raison de la facilité qu'elles donnent pour supporter la fraise, comme mieux disposées pour les fortes passes; l'usage des fraises de forme à profil invariable, qui demandent à être soutenues en bout d'une façon rigide, surtout lorsque la dent est très épaisse, contribue peut-être aussi à l'emploi presque exclusif des machines horizontales.

En France, au contraire, pour la fabrication des pièces en série, des armes, par exemple, on emploie, dans chaque cas particulier, celui des deux types de machines, horizontal ou vertical, qui se prête le mieux à l'opération qu'on a en vue et qui exige, pour recevoir la pièce, l'appareil le moins coûteux, le plus facile à construire et le plus commode à desservir par l'ouvrier; aussi, dans les manufactures d'armes françaises, les machines verticales se rencontrent-elles en nombre presque égal aux machines horizontales.

Nous allons, d'ailleurs, retrouver sur cette classe de machines les mêmes dispositions générales que sur les machines à axe horizontal.

Machines à potence mobile. — Dans les machines de faibles dimensions ou de dimensions moyennes, la table a un mouvement de réglage vertical par le déplacement de la potence, mais, de plus, sauf dans les machines Bariquand et dans les machines Pratt et Whitney à fraiser les matrices, le support de la fraise est mobile et contribue à augmenter l'étendue de la course en hauteur; quelquefois ce mouvement n'est destiné qu'a compléter le réglage et permet d'obtenir de très faibles déplacements par la manœuvre d'une vis micrométrique (Reinecker) ou d'un volant qui met en mouvement le chariot portant les deux paliers du porte-fraise (Sculfort, Becker), ou simplement le palier inférieur, en laissant coulisser l'arbre dans son coussinet supérieur (Ducommun, Progrès industriel); d'autres fois, lorsque les machines sont un peu plus puissantes (Droop et Rein, Becker), le mouvement vertical du chariot porte-outil peut être obtenu mécaniquement et permet d'aléser. Lorsque le mouvement du support ne sert que pour le réglage, il convient de le bloquer lorsque celui-ci est terminé. Dans les machines Pratt et Whitney, le support de l'arbre fait corps avec le bâti; au contraire, dans les machines Bariquand, il est rapporté et fixé solidement, après qu'on a rendu l'axe du logement de l'arbre exactement parallèle aux surfaces d'appui antérieure et latérale du support des chariots.

La commande de l'arbre porte-fraise peut être obtenue soit par poulie et courroie directement ou avec harnais d'engrenages (Ducommun, Becker grand modèle, Droop et Rein), soit par pignons d'angle; dans la commande par pignons d'angle, qui s'adresse surtout aux machines d'une certaine force, l'arbre est généralement attaqué entre les deux paliers des coussinets (Bariquand grand modèle, Reinecker, Sculfort, Progrès industriel). Quand la commande a lieu par poulie, les dimensions de la machine ne permettent pas toujours de placer la commande entre les deux coussinets, comme dans la machine Droop et Rein; la poulie peut être placée en porte-à-faux au-dessus du cous-

sinet supérieur et il est à craindre que la courroie, par sa traction, ne tende à faire pivoter l'arbre autour de l'arrière du coussinet supérieur et n'entraîne son usure; pour obvier à cet inconvénient, M. Ducommun et M. Becker entraînent l'arbre, non pas

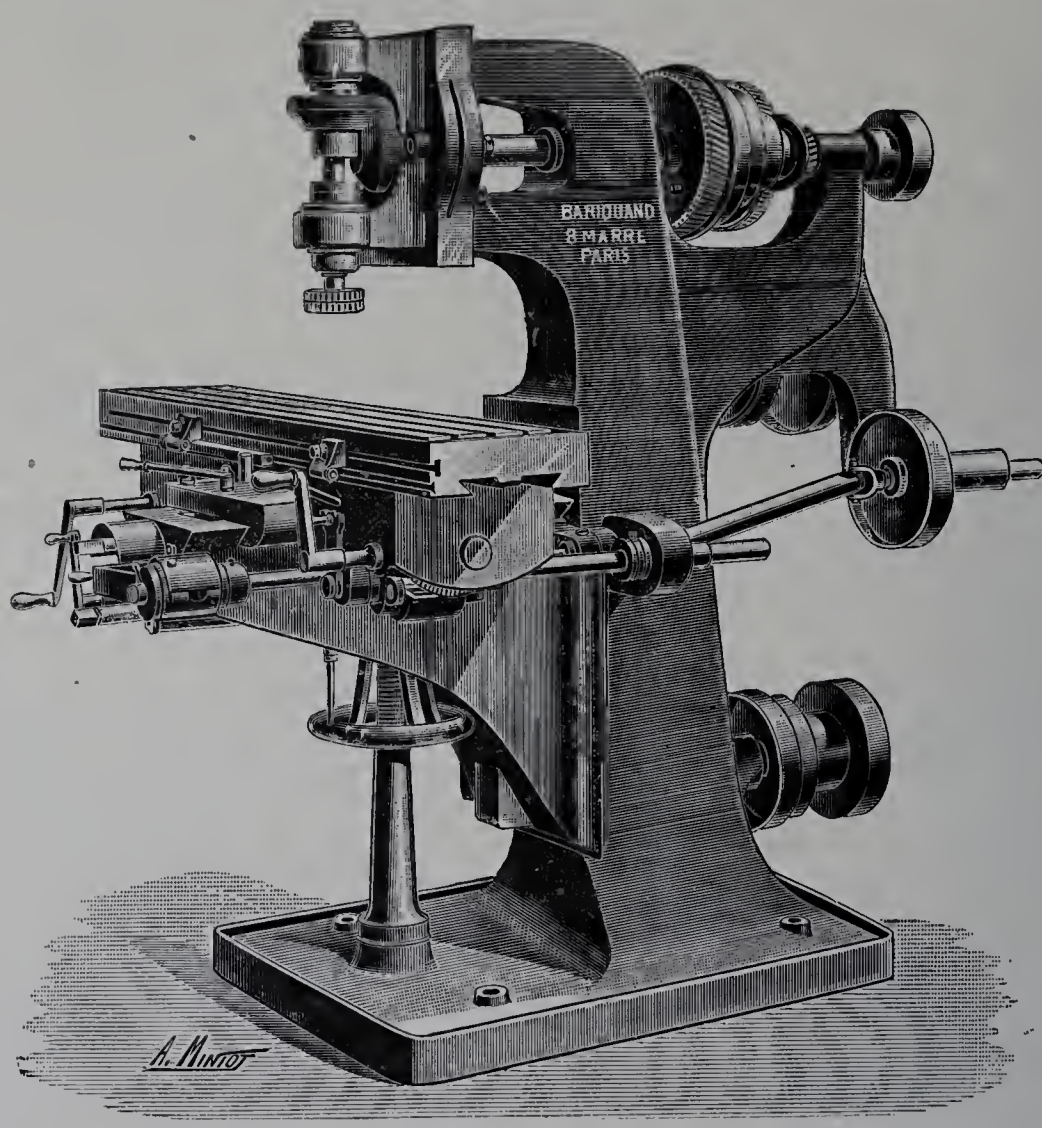


Fig. 97. — Machine à fraiser verticale n° 4 (Bariquand et Marre).

directement, mais par l'intermédiaire d'une longue douille; de plus, M. Becker fait tourner cette douille dans un demi-coussinet qui appartient à un palier auxiliaire, réglable par des vis, et vient ainsi en aide aux coussinets de l'arbre.

Machines à banc fixe. — Dans les machines plus puissantes qui, en particulier, sont employées à l'usinage des grosses matrices de forge, le banc est fixe et fournit aux chariots qu'il reçoit une large assise et une certaine facilité pour le logement de la commande. Le support de l'arbre forme chariot dans le sens vertical et se manœuvre généralement indifféremment à la main ou automatiquement dans les deux sens et permet d'aléser; il est d'ailleurs le plus souvent équilibré.

On retrouve pour la commande de rotation de l'arbre porte-fraise les dispositions que nous avons trouvées dans les machines à console munies du déplacement du porte-fraise, commande par poulies et harnais d'engrenages (Herbert, Kendall et Gent), ou par pignons d'angle (Sculfort et Fockedey, Bouhey, Fétu-Defize, Progrès industriel,

Bement-Miles et C°); le plus souvent, la partie inférieure du support, correspondant au tourillon voisin de la fraise, est seul mobile et l'arbre coulisse par un prolongement cylindrique dans l'autre partie qui est adhérente au bâti. Dans la machine de M. Schultz, l'arbre porte-fraise est abrité dans un fourreau porté par le chariot.

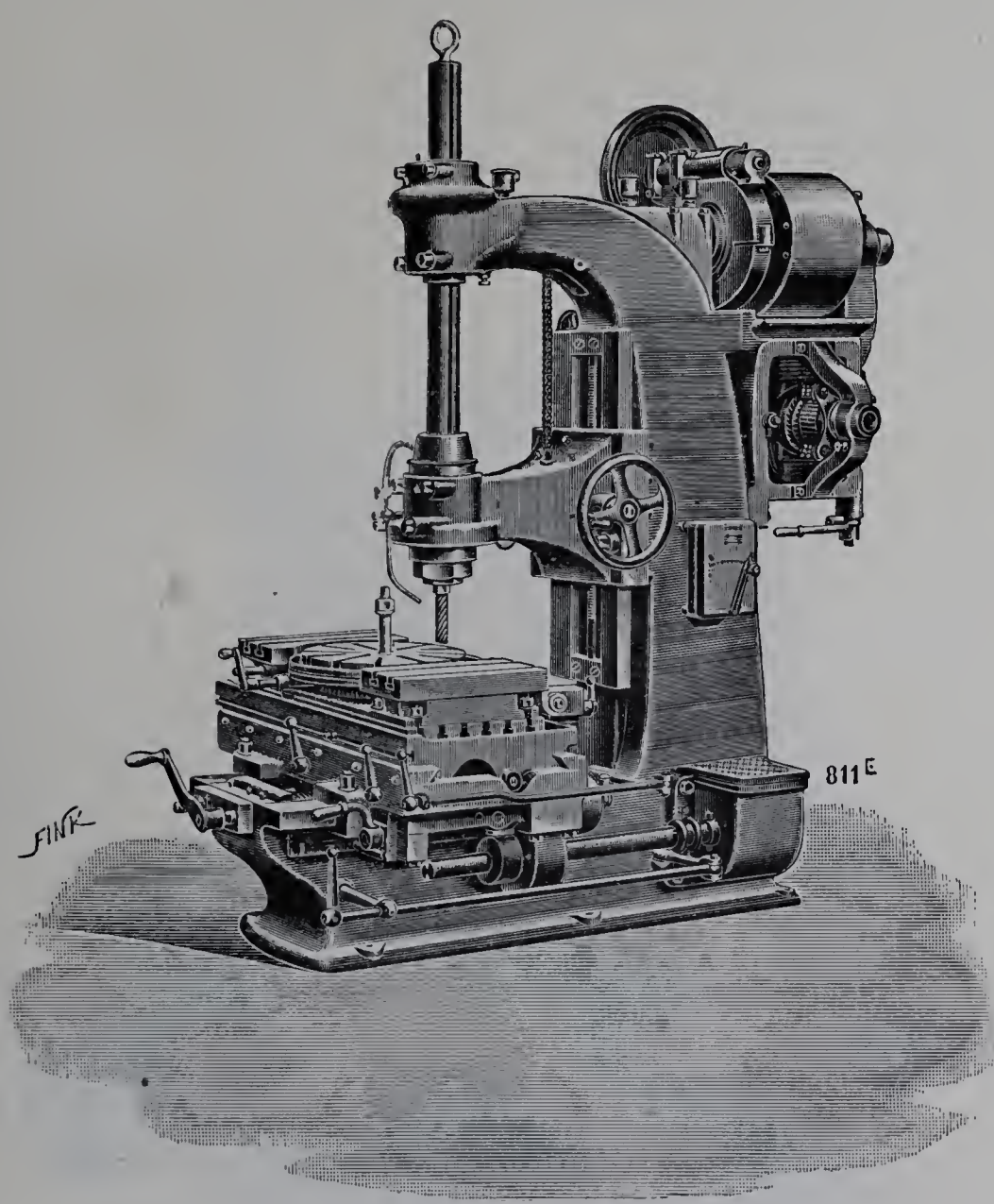


Fig. 98. — Machine à fraiser verticale (Société Alsacienne).

Lorsque la fraise a une saillie considérable, elle peut être, à son extrémité, supportée par une douille fixée à un support relié à la glissière verticale (Sculfort, Société Alsacienne, Kendall et Gent), ou au bâti (Herbert).

Cette catégorie de machines possède, en général, les mouvements automatiques des chariots en croix, dans les deux sens, et souvent un mouvement circulaire automatique; M. Bouhey, la Société Alsacienne et M. Schultz disposent autour du plateau deux plates-formes de même niveau; les pièces fixées sur ce plateau et entraînées par lui dans le mouvement de rotation ne cessent pas moins de reposer sur les plates-formes en glissant sur elles; de plus, dans les machines Bouhey, Fétu-Defize, Schultz, Société Alsacienne, Kendall et Gent, Bement, on peut, en rendant le chariot inférieur indépen-

dant de sa vis, et actionnant par des contrepoids soit le chariot lui-même, soit un pignon qui engrène avec une crémaillère située sous le chariot, avoir un mouvement transversal de façonnage qu'on peut combiner avec le mouvement longitudinal automatique ou avec le mouvement circulaire. La reproduction, qui est solidement fixée au chariot mobile, est constamment poussée sous l'action des contrepoids contre une touche réglable fixée au bâti.

Une machine à fraiser verticale, construite par MM. Brown et Sharpe, mérite une attention particulière :

La tête est portée par une grosse colonne verticale qui peut être montée ou descendue à l'aide d'une crémaillère dont le pignon est actionné par une vis sans fin commandée

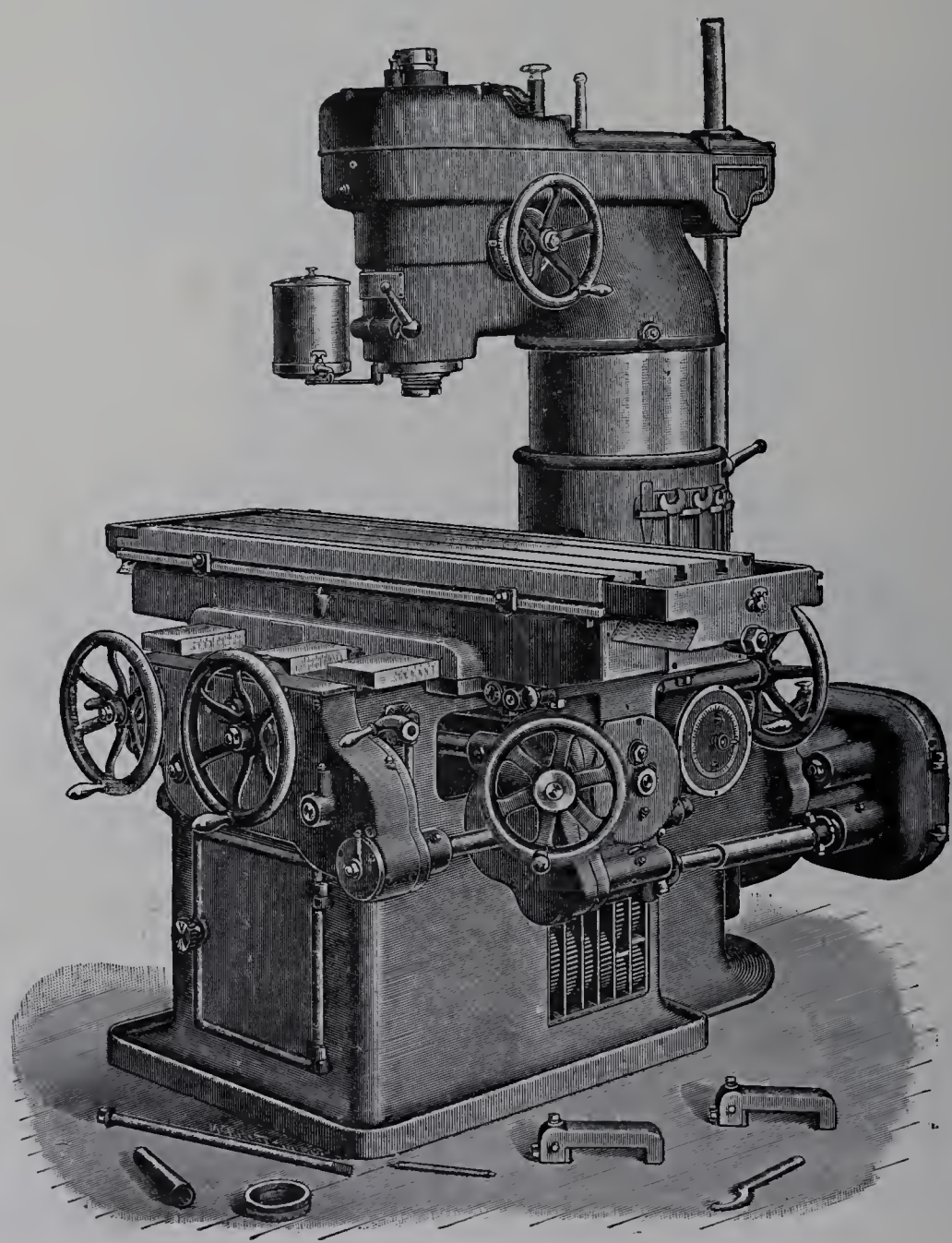


Fig. 99. — Machine à fraiser verticale (Brown et Sharpe).

par un volant; des clefs de bloquage permettent de fixer la colonne en resserrant sa douille; un réglage délicat de la fraise, commandé par un volant pourvu d'un cadran divisé, permet de compléter le réglage obtenu par le déplacement de la colonne. La

broche a un harnais d'engrenages, son mouvement est transmis d'un arbre vertical qui tourne à l'intérieur de la colonne par une chaîne «Renold» et une roue à chaîne; à l'aide d'un renvoi double, elle peut recevoir douze vitesses différentes. La table est bien supportée par le chariot, qui est très large par rapport à sa longueur; le guidage du chariot sur le bâti se fait en son milieu par une glissière rectangulaire longue et étroite, munie d'un rattrapage de jeu, et l'appui par deux glissières latérales qui évitent le porte-à-faux et s'opposent au soulèvement par des retours d'équerre portés par le chariot. Les avances de la table longitudinale et transversale se font à la main ou mécaniquement dans tous les sens; elles peuvent être simultanées mais de même sens, car l'organe de changement de sens est le même pour chacune d'elles; ces avances sont au nombre de 16 pour chaque vitesse de la broche. Un appareil à fraiser circulaire a une avance automatique dans les deux sens; son mouvement est transmis de l'arbre principal de la commande des chariots au moyen d'une chaîne.

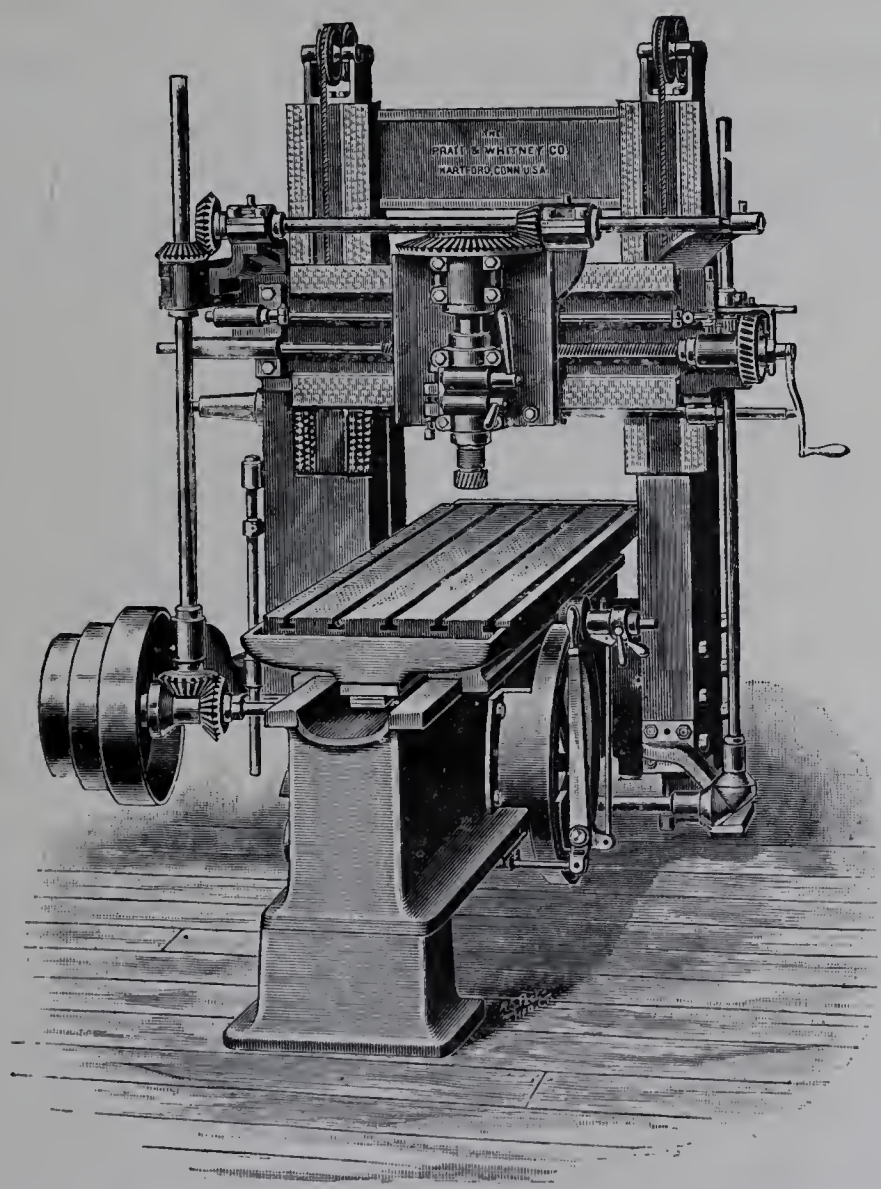


Fig. 100. — Machine à fraiser verticale genre raboteuse (Pratt et Whitney).

Machines verticales, genre raboteuse. — MM. Pratt et Whitney et M. Vautier exposaient des machines à fraiser verticales qui ont l'apparence générale des machines à raboter et qui, en réalité, sont destinées aux travaux habituellement exécutés sur ces der-

nières. Les machines en question se composent d'un banc fixé au sol, d'une table à rainures glissant sur le banc, de deux montants fixés de chaque côté du banc et entretoisés à leur partie supérieure. Une traverse glisse verticalement sur les montants, et sur cette traverse se meut horizontalement le chariot porte-fraise dont le mouvement de rotation est communiqué par des roues d'angle.

L'avance de la table est assurée soit par roue et vis sans fin (Vautier), soit par crémaillère et pignon de grand diamètre (Pratt et Whitney), et celle de la tête porte-fraise sur la traverse par vis sans fin; la table de la machine Pratt et Whitney peut être bloquée, quand on se sert du mouvement transversal de la broche, de façon à éviter les inconvénients de la réversibilité de la commande par pignon et crémaillère. La traverse est équilibrée, et son mouvement de monte et baisse peut être obtenu à la main ou automatiquement (Vautier); la traverse, une fois réglée verticalement sur les montants, peut être bloquée énergiquement.

MM. Droop et Rein construisent une machine genre raboteuse de dimensions moyennes avec deux porte-outils; le mouvement d'ascension de la traverse et les mouvements transversaux des chariots porte-tête sont obtenus à la main; quant au mouvement de la table, il est assuré par crémaillère et vis sans fin inclinée comme dans la machine Ingersoll; enfin la machine peut recevoir un plateau circulaire commandé automatiquement.

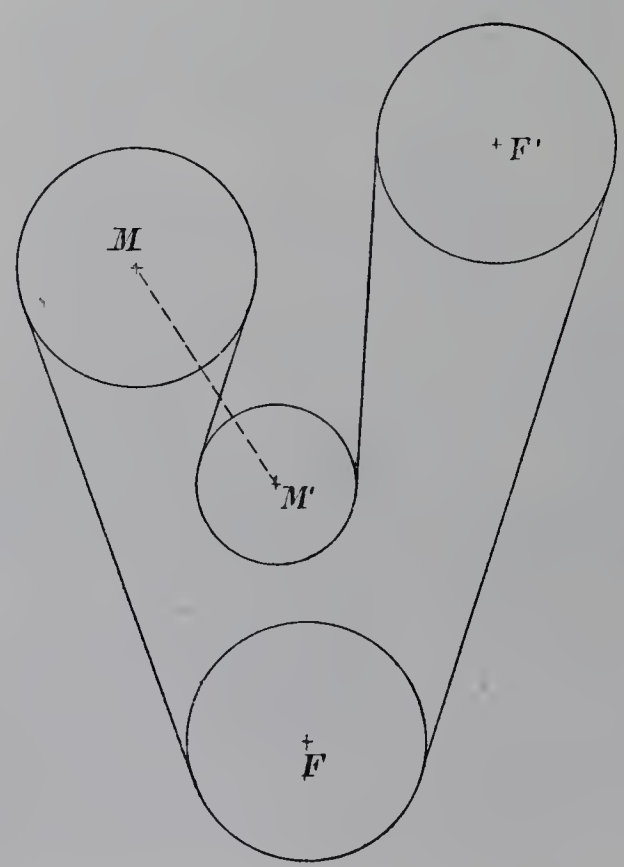


Fig. 101.

Le mouvement de rotation des têtes est transmis de l'arbre principal de la machine à l'arbre de commande par une courroie enroulée sur la poulie F de commande et la poulie F' de renvoi qui sont fixes, puis sur la poulie M de commande des têtes et la poulie M' de renvoi, qui sont reliées à la traverse et montent ou descendent en même

temps qu'elle. Le constructeur a voulu éviter l'influence du mouvement de monte et baisse de la traverse sur la tension de la courroie. Mais pour que ce résultat fût obtenu dans tous les cas, il faudrait que les brins M F et F′ M′ fussent parallèles à la direction du déplacement, c'est-à-dire verticaux, et, en fait, il n'en est pas tout à fait ainsi.

ACCESSOIRES POUR MACHINES À FRAISER HORIZONTALES OU VERTICALES.

Des appareils accessoires peuvent être montés sur les machines à fraiser et permettent d'adapter ces dernières à des travaux de nature déterminée et, par suite, d'en généraliser l'emploi. Ils peuvent être destinés aux machines à fraiser horizontales ou aux machines à fraiser verticales et parfois indifféremment aux unes et aux autres.

Appareils diviseurs universels. — Nous trouvons chez MM. Bariquand et Marre, M. Ernault, M. Reinecker, M. Schultz, MM. Brown et Sharpe, et la Cincinnati Milling Machine Company, etc., des appareils diviseurs universels qui sont le complément obligé de leurs machines universelles. Ces appareils se composent d'une poupée, qui possède un mouvement de rotation autour de son axe et qui peut, de plus, s'incliner dans le plan vertical, et, d'autre part, d'une contre-pointe; ils sont disposés pour permettre, au moyen de roues dentées, de combiner le mouvement de rotation de leur

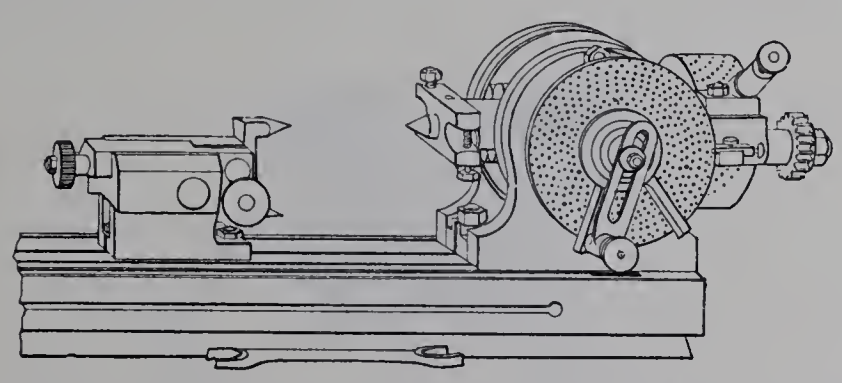


Fig. 102. — Diviseur universel de la Cincinnati Milling Machine Company.

arbre avec le mouvement de translation de la plate-forme de la machine à fraiser sur laquelle ils sont montés, et de produire des surfaces hélicoïdales. Ils sont munis d'un appareil diviseur formé d'un plateau à trous; en dehors de cette disposition pour la division universelle, MM. Brown et Sharpe et la Cincinnati ont prévu un dispositif pour des divisions rapides. M. Reinecker, pour éviter les chances d'erreur, obtient la division à l'aide de roues convenables placées sur une tête de cheval et en donnant à la manivelle un tour complet pour chaque division à effectuer. La poupée mobile peut, en général, s'incliner de 0 à 90 degrés sur l'horizontale; toutefois, l'appareil de la Cincinnati peut faire un tour complet et permet d'attaquer les pièces tenues en porte-à-faux dans la partie la plus voisine de l'appareil.

La contre-pointe qui accompagne l'appareil est quelquefois de hauteur fixe, le plus souvent de hauteur et d'orientation réglables, de façon à conserver les axes des pointes

de la poupée fixe et de la poupée mobile dans le prolongement l'un de l'autre, lorsqu'il est nécessaire d'incliner la broche de la poupée.

Appareil diviseur avec contre-pointe et coulisse pivotante (Bariquand et Marre, Ernault). — Cet appareil sert à monter en pointe ou en l'air toute pièce à fraiser qui doit être divisée. A l'aide de la coulisse pivotante, il permet, sur les machines verticales, de fraiser obliquement par rapport à l'axe de la pièce.

Appareil pour fraisage circulaire (Ernault). — Cet appareil, dont l'axe est vertical, se fixe sur la table de la machine; le mouvement de rotation est donné à la main par une vis sans fin. Il existe des appareils analogues commandés mécaniquement; nous n'en avons pas vu d'exposés.

Appareils à fraiser les crémaillères (Bariquand et Marre, Smith et Coventry, Brown et Sharpe, Cincinnati). — Les machines à fraiser horizontales se prêtent à la taille des crémaillères, à la condition de disposer l'axe de la fraise dans la direction de la vis longitudinale de la table, et par conséquent perpendiculairement à la broche de la machine.

L'appareil prend généralement appui sur le support de contre-pointe; un emmanchement conique de l'appareil pénètre dans la broche de la machine et transmet le

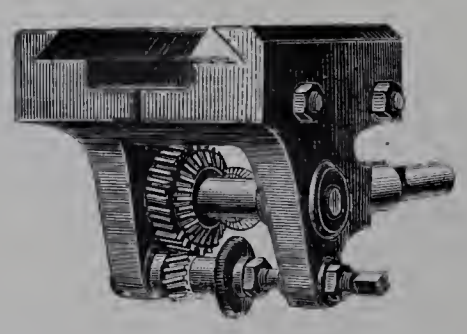


Fig. 103. — Appareil à tailler les crémaillères (Bariquand et Marre).

mouvement de rotation à la fraise par pignons d'angle et engrenages droits (Bariquand et Marre, Smith et Coventry, Cincinnati) ou par engrenages hélicoïdaux (Brown et Sharpe).

Appareils verticaux à fraiser (Dresdner Bohrmaschinenfabrik, Reinecker, Smith et Coventry, Brown et Sharpe, Cincinnati, Vautier). — Il s'agit, comme dans le cas précédent, de transformer le mouvement de rotation autour de l'arbre porte-fraise horizontal en un mouvement de rotation autour d'un axe perpendiculaire au précédent; la transformation se fait par pignons d'angle et engrenages droits ou par engrenages hélicoïdaux. L'appareil se fixe, en général, à la barre-support de l'arbre porte-fraise et peut être réglé à toutes les inclinaisons; celui de M. Reinecker est fixé solidement par des boulons au support de l'arbre dans le prolongement de ce dernier;

il porte deux arbres porte-fraise perpendiculaires entre eux, commandés, l'un par pignons d'angle, l'autre par vis sans fin, et ayant, par suite, l'un une vitesse rapide, l'autre une vitesse lente. Suivant le diamètre de la fraise à employer et la nature du

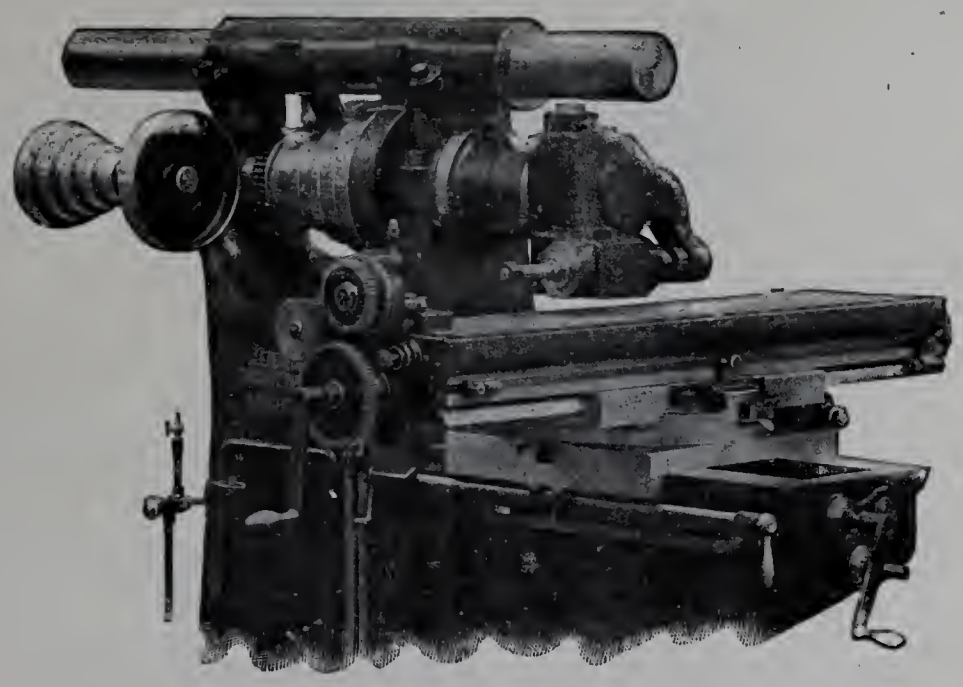


Fig. 104. — Porte-fraise universel (Reinecker).

métal à travailler, on emploie l'un ou l'autre de ces arbres, qui peuvent occuper toutes les positions perpendiculaires à l'arbre porte-fraise de la machine horizontale.

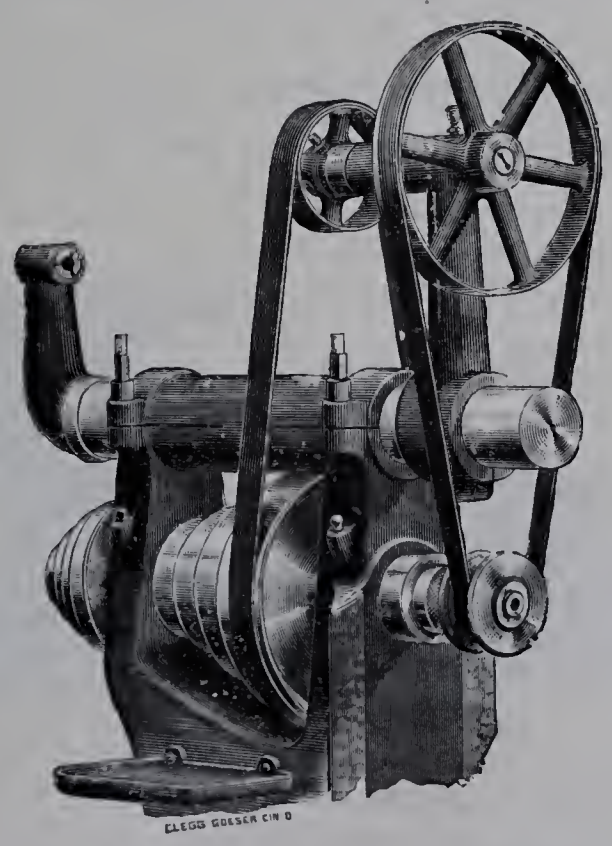


Fig. 105. — Appareil à fraiser à grande vitesse (Cincinnati).

Appareils à fraiser à grande vitesse (Brown et Sharpe, Cincinnati). — L'appareil de la Cincinnati a une grande analogie avec l'ancien appareil de MM. Brown et Sharpe : l'arbre porte-fraise tourne dans un coussinet en bronze phosphoreux qui

s'ajuste à l'intérieur de l'arbre de la machine; il est commandé par une sorte de renvoi supporté par le bras-support et recevant sa commande du cône de la machine.

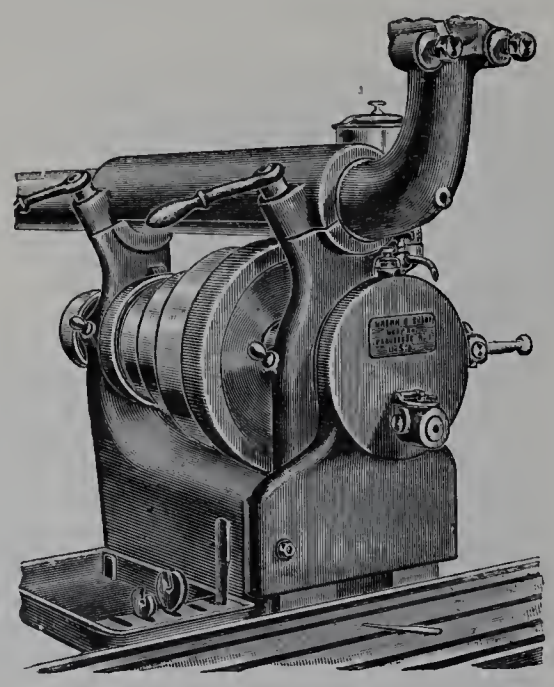


Fig. 106. — Appareil à fraiser à grande vitesse (Brown et Sharpe).

L'appareil actuel de MM. Brown et Sharpe consiste en un support se fixant sur la glissière verticale du bâti et d'un engrenage intérieur qui se visse sur la broche de la machine et qui actionne un pignon monté sur la broche de l'appareil.

Appareil à tailler les cames (Cincinnati). — La came à tailler et le reproducteur sont montés sur une même poupée qui reçoit un mouvement de rotation par roue et vis

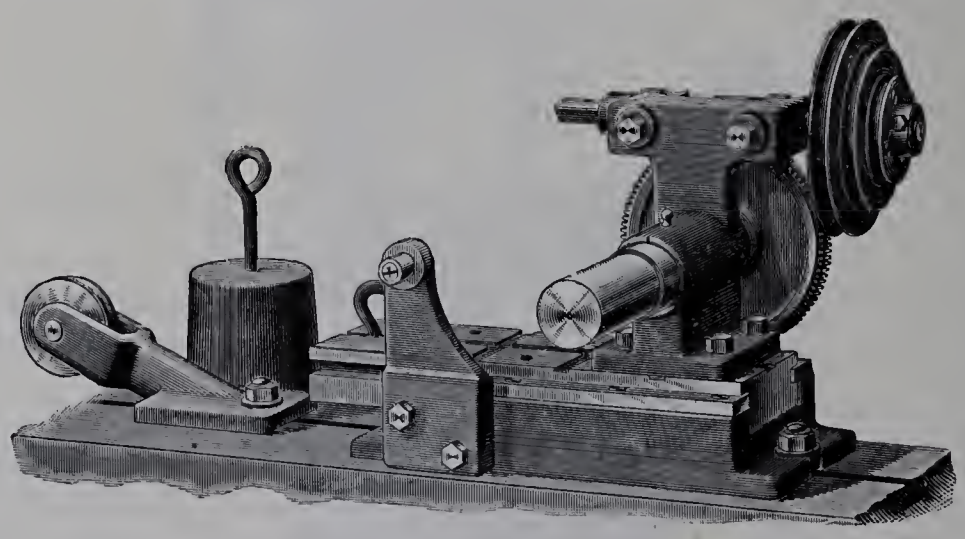


Fig. 107. — Appareil à tailler les cames (Cincinnati).

sans fin; cette poupée est supportée par un chariot mobile qui, sous l'action d'un contrepoids, appuie constamment sur une touche fixe.

Appareil à mortaiser Brown et Sharpe. — MM. Brown et Sharpe disposent sur leurs machines à fraiser un appareil à mortaiser, dont le support monté sur la glissière

verticale est fixé par un collier au bras; le mouvement de va-et-vient est donné au coulisseau par le mouvement de rotation de l'arbre porte-fraise; l'appareil peut, d'ailleurs, être incliné et mortaiser sous un angle oblique.

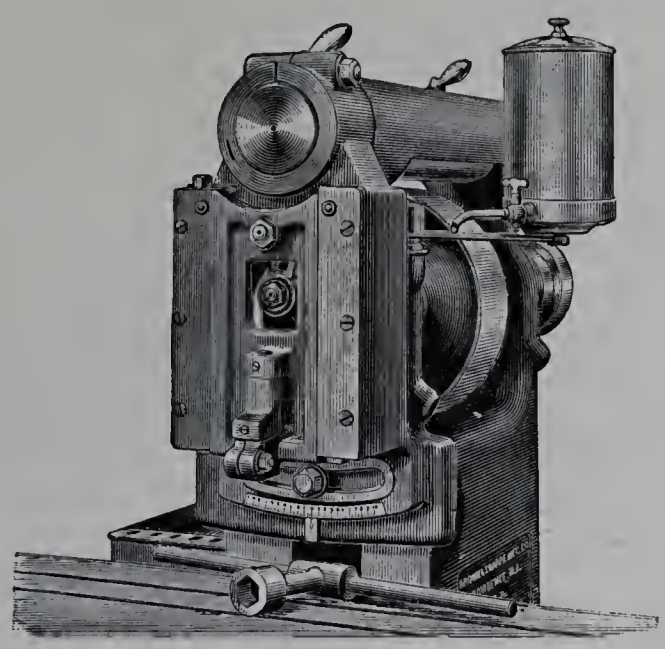


Fig. 108. — Appareil à mortaiser Brown et Sharpe.

Comme accessoires de machines à fraiser, nous citerons encore les étaux destinés à fixer les pièces sur les machines et, en particulier, l'étau à mors pivotant de M. Ernault, qui comprend une semelle avec plateau pivotant gradué, sur lequel se place l'étau proprement dit, et qui se bloque après réglage de l'orientation de la pièce; des mordaches mobiles se rapportent sur le mors et reçoivent des formes appropriées à celles des pièces à serrer; de plus, elles peuvent pivoter et serrer des pièces obliques.

III. MACHINES À FRAISER HORIZONTALES ET VERTICALES ET À ORIENTATION VARIABLE DE L'ARBRE DE LA FRAISE.

Les machines susceptibles de travailler à volonté soit comme machines horizontales, soit comme machines verticales, ou avec une orientation variable de l'arbre de la fraise, donnent la possibilité d'exécuter sur une même pièce, sans la démonter, une grande quantité de travaux et, en particulier, de fraiser successivement plusieurs faces; elles peuvent donc être très utiles pour l'usinage des pièces pesantes et volumineuses; souvent cependant, principalement dans les petits modèles, elles n'ont d'autre but que de permettre aux ateliers peu importants, qui ne disposent que d'un nombre relativement faible de machines, une meilleure utilisation de leur matériel; c'est probablement pour ce motif, auquel vient s'ajouter l'emploi limité de la machine verticale, qu'on ne rencontre qu'exceptionnellement dans l'exposition des États-Unis cette disposition, sous forme de montages accessoires (Brown et Sharpe, Cincinnati).

Les machines horizontales et verticales dérivent directement de la machine horizontale par l'adjonction d'un arbre vertical. M. Vautier dispose au-dessus de l'arbre porte-fraise horizontal une tête tournante portant un support de contre-pointe et dans une

direction perpendiculaire un support d'arbre porte-fraise vertical; l'arbre vertical est commandé par poulie et courroie avec galets de renvoi; il est rejeté sur le côté lorsqu'il n'est pas utilisé et laisse la contre-pointe venir prendre sa place.

Le plus souvent, on rapporte sur le devant du bâti une tête munie d'un arbre horizontal, prenant sa commande par engrenages sur l'arbre de fraise horizontal et actionnant par roues d'angle l'arbre de fraise vertical; cette tête rapportée peut prendre toutes les inclinaisons suivant un cercle gradué : quelquefois elle porte du côté opposé à l'outil le support de contre-pointe d'arbre horizontal et, en la faisant tourner de 180 degrés, on amène la pointe en position (Bariquand et Marre, Schultz, Dubosc), d'autres fois, pour soutenir la fraise horizontale, on monte un support à la place du chariot porte-fraise vertical (Sculfort et Fockedey, Progrès industriel). Dans la machine de MM. Sculfort et Fockedey, le chariot porte-fraise vertical est mobile horizontalement dans le plan de symétrie de la machine et permet de faire varier le champ d'action de la fraise. Les machines qui nous occupent sont, en général, de moyenne force, du type à potence, universelles avec coulisse pivotante et diviseur, et mouvements automatiques dans tous les sens; elles se prêtent donc à une grande variété de travaux.

M. Prétot donne à ses machines, qui figuraient déjà en 1889, un caractère d'universalité avec un seul arbre porte-fraise. La tête peut prendre dans le plan de symétrie de la machine toutes les inclinaisons depuis la verticale jusqu'à l'horizontale; la table peut recevoir les trois mouvements rectangulaires automatiques, alternatifs ou simultanés à volonté, la simultanéité pouvant avoir lieu, quel que soit le sens choisi pour chacun des mouvements; de plus, le chariot supérieur est lié au chariot inférieur par l'intermédiaire d'une coulisse pivotante qui permet à la table de faire un tour complet.

M. Huré expose pour la première fois une machine universelle dont l'arbre unique peut s'obliquer dans toutes les directions. Cet arbre est monté dans une tête qui comporte deux coulisses circulaires placées suivant deux plans, l'un vertical, l'autre incliné à 45 degrés sur le premier, et un arbre incliné à 45 degrés sur la deuxième coulisse. L'axe de la fraise peut donc décrire un cône de 45 degrés de demi-ouverture autour de l'axe perpendiculaire au plan de la coulisse verticale, c'est-à-dire autour d'une horizontale; l'arbre porte-fraise peut donc prendre toutes les inclinaisons dans l'espace à droite du plan de la coulisse verticale (fig. 109).

La Société « Vulkan » présente une machine puissante, à commande électrique, dont la disposition des chariots porte-fraise rappelle celle des machines genre raboteuse à un seul montant vertical. Cette machine est munie d'un porte-fraise horizontal et d'un porte-fraise vertical, dont le support peut coulisser automatiquement le long d'un bras horizontal; le chariot porte-fraise horizontal et le chariot porte-traverse, qui l'un et l'autre sont équilibrés, peuvent se déplacer automatiquement ou à la main le long du montant vertical. Quant à la disposition générale des chariots porte-pièce, elle rappelle celle des machines ordinaires à bâti fixe : la table possède deux mouvements en croix rectilignes automatiques et un mouvement circulaire.

Enfin MM. Kendall et Gent construisent une machine genre raboteuse, à deux têtes portant l'une un arbre horizontal et l'autre un arbre vertical, qui peuvent se

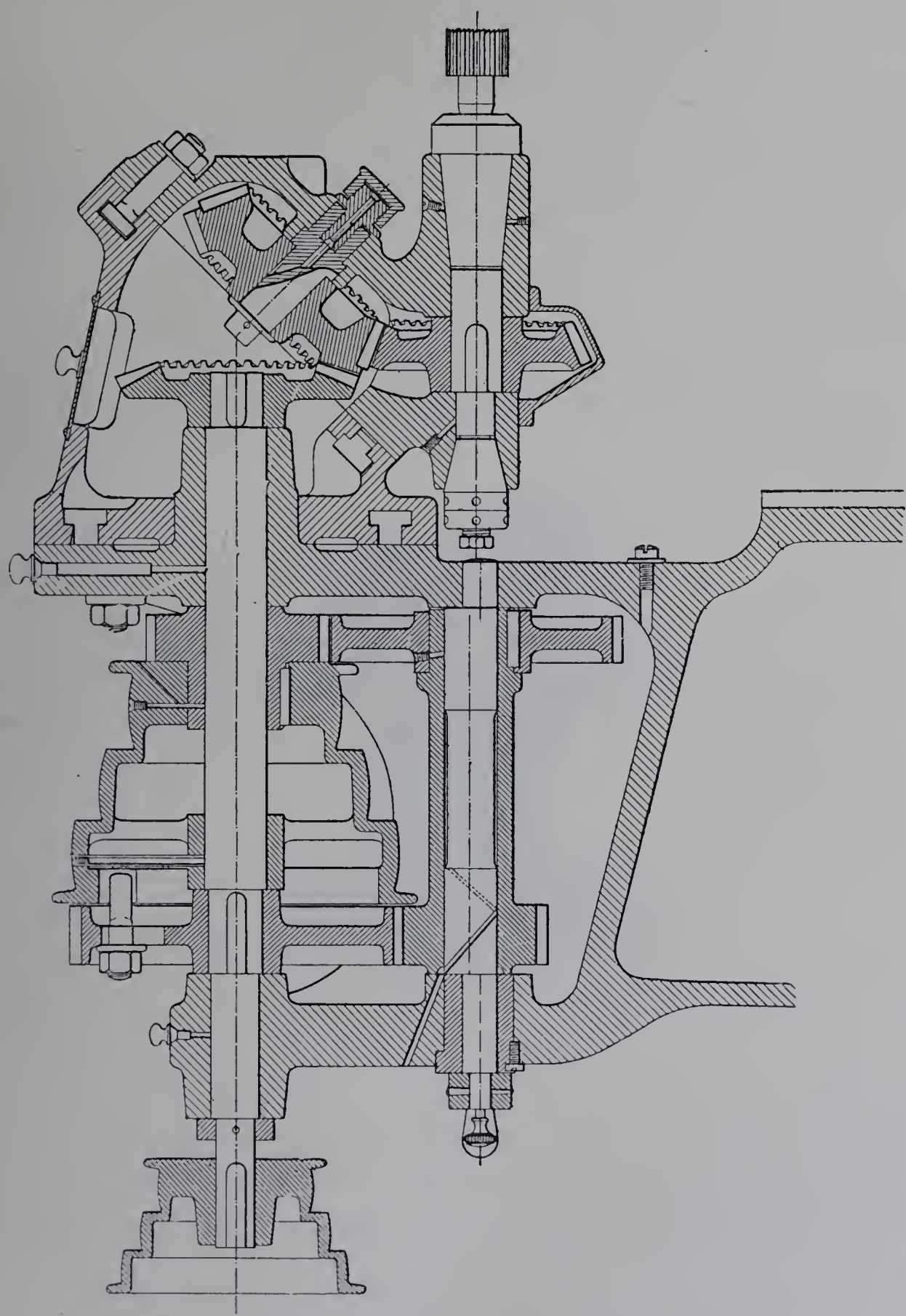


Fig. 109. — Coupe de la tête de la machine à fraiser universelle de M. Huré

déplacer le long de la traverse automatiquement ou à la main. Comme dans les machines du même genre, la table ne possède que le mouvement longitudinal, mais elle peut supporter un plateau circulaire à mouvement de rotation automatique.

IMPRIMERIE NATIONALE.

IV. MACHINES À REPRODUIRE.

Les machines à chariot rigide, horizontales ou verticales, munies de fraises cylindriques, coniques ou de forme, permettent de fraiser des surfaces planes ou cylindriques, c'est-à-dire des surfaces à génératrice rectiligne et à directrice droite ou courbe; mais pour fraiser des surfaces à génératrice courbe et à directrice courbe, ouverte ou fermée, il faut avoir recours à la reproduction. Les machines à reproduire sont caractérisées par l'emploi d'un gabarit de forme convenable, invariablement lié à la pièce et parcouru par une touche solidaire de la fraise; cette dernière reproduit donc les mouvements de la touche et façonne la pièce conformément au gabarit.

M. Ernault exposait deux machines à reproduire du type dit «à battant»; dans ces machines, l'arbre horizontal de la fraise est adapté vers l'extrémité d'un levier ou battant qui articule autour d'un axe; le galet-touche, qui est disposé au-dessous de la fraise, s'appuie sur le reproducteur, qui est fixé, ainsi que la pièce, sur le chariot de la

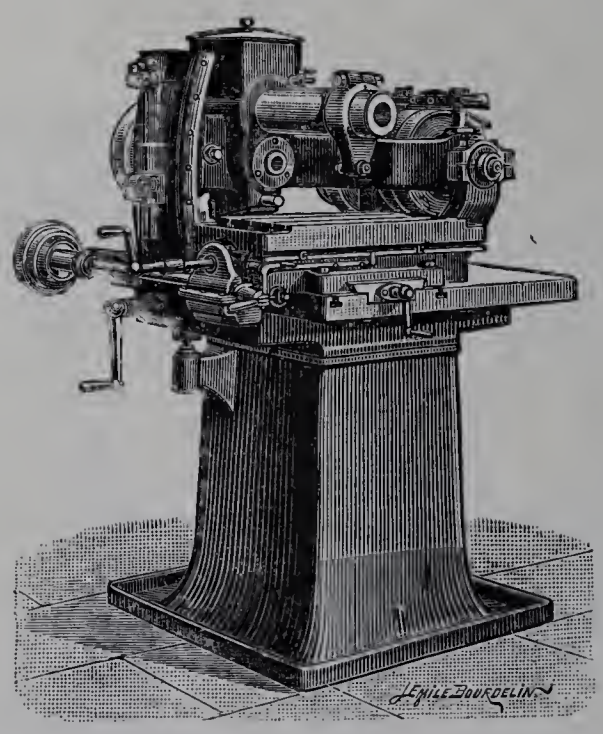


Fig. 110. — Machine à reproduire à battant (Ernault).

machine; le galet, par son appui sur le reproducteur, fait participer le battant et par suite la fraise aux variations de forme du reproducteur, au fur et à mesure que le chariot se déplace. On peut remplacer le chariot supérieur à mouvement rectiligne par un appareil rotatif mû automatiquement par roue et vis sans fin et reproduire des contours fermés.

Pour tenir compte de l'usure de la fraise et faire le réglage, la touche, dans le modèle le plus fort, est supportée par une pièce qui, en se déplaçant sur un plan incliné, fait varier la distance de la fraise à la touche; dans le plus petit modèle, la touche est conique et fixée dans son logement par des écrous; en la déplaçant suivant son axe, on laisse constante la distance de l'axe de la fraise à l'axe de la touche, mais on fait varier

la distance du point moyen de contact avec le gabarit au point moyen de contact de la fraise avec la pièce.

Nous retrouverons une application du principe de la reproduction dans les machines spéciales à tailler les fraises; mais en dehors des machines à battant de M. Ernault, il n'était pas exposé de machines à façonner d'usage général autres que les machines puissantes à fraiser verticales à mouvements rectilignes et circulaires automatiques, dont il a été précédemment question, et qui s'appliquent surtout au façonnage de pièces déjà pesantes, telles que les pièces de machines, d'affûts, etc., qu'on a rarement d'ailleurs à reproduire un très grand nombre de fois.

Il est regrettable que les exposants ne nous aient pas montré des machines de force moyenne établies sur le même principe que ces dernières, mais uniquement disposées pour la reproduction des petites pièces délicates, telles que les pièces d'armes. Ces machines à marche automatique rectiligne ou circulaire, avec disposition de façonnage perpendiculairement à la direction de la marche automatique ou suivant les rayons du déplacement circulaire, sont employées par centaines, ainsi que les machines à battant, pour la fabrication des armes en France; il eût été surtout à désirer que quelques-unes d'entre elles, appareillées en conséquence, permissent de se rendre compte des résultats qu'elles donnent comme fini, netteté de travail et raccordement des surfaces. C'est là toute une catégorie de machines qui ont été, pour ainsi dire, passées sous silence, et il serait, à notre avis, imprudent de conclure de leur absence qu'elles sont superflues et que la machine à chariot rigide, munie d'une fraise de forme, peut suffire à tous les besoins de la pratique.

La fraise de forme, dite «Américaine», dont nous parlerons plus loin, s'est à juste titre considérablement développée depuis quelques années; elle présente des avantages incontestables au point de vue de l'économie et de la rapidité du travail, mais elle est impuissante à reproduire certaines formes, par exemple les surfaces à génératrice et à directrice courbes; elle ne peut fraiser que par parties les surfaces cylindriques à contour fermé et laisse toujours apparentes les lignes de raccordement; de plus, par sa nature même, elle est à grosse denture, elle n'a pas de coupe sur le devant de la dent, elle a donc une tendance à arracher la matière; elle ne saurait donner sur les pièces délicates et de petites dimensions, qui doivent après montage rester apparentes, un fini suffisant pour éviter les opérations du polissage, qui ont généralement pour effet d'altérer les dimensions.

Enfin la reproduction peut être avantageuse au point de vue de la propreté du travail pour le fraisage de surfaces cylindriques et même pour le fraisage de surfaces absolument planes; en effet, dans le fraisage ordinaire, ainsi que le faisait remarquer M. le commandant Ply, dans son rapport sur l'Exposition de 1889, les chariots ne sont jamais absolument sans jeu, les variations de résistance les déplacent et occasionnent des trépidations qui se traduisent par des piqûres des dents de la fraise, du broutage et des irrégularités; au contraire, dans la reproduction, la pression produite sur le gabarit, à condition qu'elle soit suffisante, applique constamment les chariots du même côté sur

leurs glissières, et, s'il se développe une tendance au déplacement, la présence de la pression, par le fait même qu'elle ne s'oppose pas complètement au mouvement, la détruit vite et amortit les vibrations.

Ces observations sont encore vraies aujourd'hui, malgré les progrès réalisés depuis dix ans dans la construction des machines au point de vue de leur stabilité. Sans donc vouloir exclure un procédé de fraisage au détriment de l'autre, il nous semble que chacun d'eux a sa place nettement marquée; la reproduction avec des fraises à fine denture pour finir les parties apparentes des pièces délicates qui, après la trempe, ne doivent subir que les opérations du bronzage ou du lustrage, la fraise de forme, quand on peut l'employer, pour les pièces plus volumineuses et cachées qui, tout en exigeant la régularité des formes, ne demandent pas un finissage aussi parfait. Mais il y a lieu d'ajouter que les avantages de la reproduction ne s'obtiennent sûrement que si tous les mouvements s'en font automatiquement et si la pression est indépendante de la main de l'homme.

Parmi les reproches qui ont été formulés contre les machines à reproduire figure tout d'abord la difficulté de construction du gabarit, puis les écarts qui se produisent dans la reproduction des formes et des dimensions, lorsque, par suite des retouches et des affûtages, le rayon de la fraise n'est plus celui pour lequel le gabarit a été tracé.

La construction du reproducteur est certainement délicate, car un tracé théorique ne peut donner qu'une valeur approchée de sa forme; il en est de même du tracé à l'aide d'une pièce type, ou du fraisage du gabarit obtenu en mettant une fraise à la place de la touche; des flexions inévitables se produisent dans les différents organes de la machine et obligent forcément à des retouches longues et minutieuses à la lime; mais il ne faut pas perdre de vue qu'il s'agit ici de reproduire souvent des milliers de pièces semblables et que la dépense doit être répartie sur chacune d'elles.

Quant aux écarts qu'il y a lieu de craindre lorsque le diamètre de la fraise vient à varier, il faut d'abord remarquer que toute cette catégorie de machines n'utilise que des fraises de diamètre relativement faible et que l'usure ne peut dépasser des limites assez resserrées; de plus, la précision absolue n'est généralement indispensable que sur un nombre limité de points et les écarts peuvent être rejetés sur les parties voisines; dans tous les cas, il y a lieu, pour chaque cas particulier, de se rendre un compte exact des erreurs auxquelles on s'expose en chaque point et d'examiner si leur importance est compatible avec le but qu'on se propose, puis en dernière analyse de se fixer des tolérances sur l'usure de l'outillage. Il nous semble utile d'examiner, à ce point de vue, les différents types de machines à reproduire qui, à un titre quelconque, figuraient à l'Exposition et de chercher à nous rendre compte des conditions dans lesquelles elles peuvent donner la précision recherchée.

Les machines en question peuvent se rapporter aux quatre types suivants :

1° Machines rectilignes automatiques, avec mouvement de reproduction perpendiculairement à la marche automatique;

2° Machines rotatives automatiques, avec mouvement de reproduction suivant un rayon;

3° Machines à articulation rectilignes;

4° Machines à articulation rotatives.

Les deux premières catégories étaient représentées par les machines à fraiser verticales dont nous avons déjà parlé, les deux dernières par les machines de M. Ernault.

Imaginons une section plane perpendiculaire à l'axe de la fraise, le même raisonnement pouvant s'appliquer à la section faite en un point quelconque de la génératrice.

Soient S le reproducteur, P la ligne fraisée, T la touche de rayon R qui s'appuie sur le reproducteur, F la fraise de rayon R′ qui par l'ensemble de ses positions engendre la ligne P. Les lignes S′ et P′ décrites par les centres de la touche et de la fraise sont des parallèles aux lignes S et P, dont les rayons de courbure en chaque point diffèrent des rayons de courbure de ces dernières des quantités R et R′.

Supposons que le rayon de la fraise vienne à varier, la correction correspondante peut se faire, si la touche est cylindrique, en faisant varier la distance OO′ des centres, ou, si la touche est conique, en laissant OO′ constant et en faisant varier le rayon R de contact.

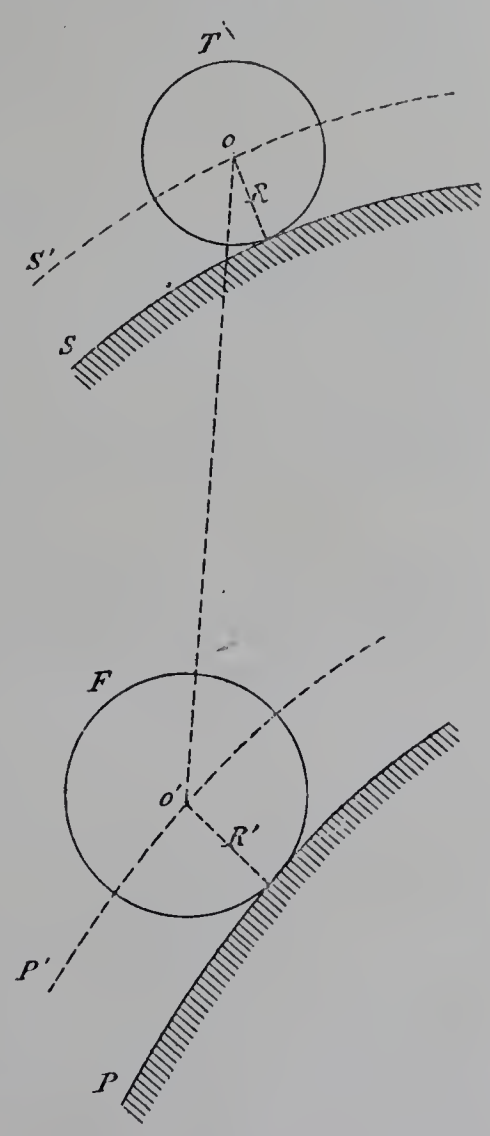


Fig. 111.

Dans tous les cas, quelle que soit la machine et quel que soit le mode de réglage, il faut, pour pouvoir reproduire toujours la même ligne, que les lignes décrites par le centre de la fraise soient des parallèles entre elles dont les rayons de courbure diffèrent entre eux de la différence du rayon des fraises; cette condition nécessaire est d'ailleurs suffisante.

Nous allons rechercher dans quelles limites et sous quelles réserves cette condition est remplie par les différents types de machines à reproduire.

1° **Machines rectilignes automatiques avec mouvement de reproduction perpendiculairement à la direction de la marche automatique.** — La ligne décrite par le centre de la fraise n'est autre que la ligne décrite par le centre de la touche transportée parallèlement à elle-même à une distance égale à la distance des centres. Le reproducteur est donc une ligne de même forme que la pièce, si les rayons R et R′ sont égaux, et une ligne parallèle à la pièce, mais de rayon de courbure différent de la différence des rayons R et R′, si ces rayons sont différents (fig. 112).

Dans le cas de la touche cylindrique, pour une variation d du rayon de la fraise, on fera le réglage en faisant varier la distance des centres de la quantité $\frac{d}{\cos V_1}$, V_1 étant l'angle de la normale à la direction du mouvement de reproduction au point sur lequel on fait le réglage; la nouvelle ligne décrite par le centre de la fraise restera parallèle à la première, et le rayon de courbure sera toujours le même, puisque la touche étant cylindrique, le centre de la touche décrit toujours la même ligne; donc le rayon de courbure de la ligne fraisée variera de la quantité dont le rayon de la fraise a varié.

Dans le cas de la touche conique, pour une même variation d du rayon de la fraise, on fera la correction par une variation égale du rayon de la touche. La nouvelle ligne décrite par le centre de la touche sera parallèle à la première, mais le rayon de courbure en différera de la variation du rayon de la fraise, et la ligne décrite par le centre de la fraise sera la même ligne transportée parallèlement à elle-même; finalement, par l'enveloppe des positions de la fraise, on reproduira toujours la même forme.

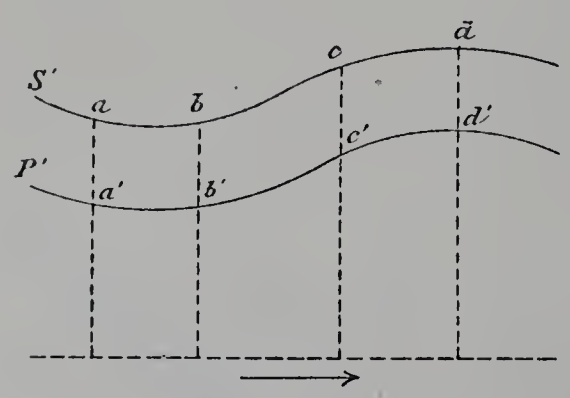


Fig. 112.

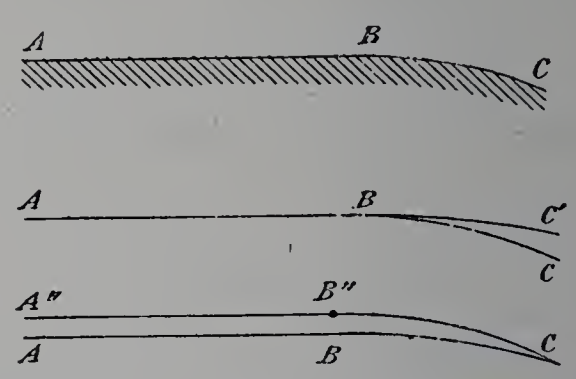


Fig. 113.

Ainsi avec le deuxième mode de réglage, c'est-à-dire avec la touche conique, on sera assuré de reproduire toujours la même ligne et on ne sera limité dans l'usure des fraises que par la variation des rayons extrêmes du cône de la touche.

Dans le premier cas, au contraire, c'est-à-dire avec la touche cylindrique, le rayon de courbure de la ligne à reproduire variera avec le rayon de la fraise.

Si on a à reproduire, par exemple, une ligne convexe formée d'une ligne droite AB tangente à une courbe BC (fig. 113), en faisant le réglage après usure sur un point de la droite, on fraisera la ligne ABC′ au lieu de la ligne ABC, et, en faisant le réglage sur le point C de la courbe, on fraisera A″B″C au lieu de la ligne ABC.

La forme générale variera d'une façon d'autant plus sensible que le rayon de courbure sera plus petit; on devra donc se contenter de façonner des lignes se rapprochant de la ligne droite; et, plus on s'écartera de la ligne droite, plus on devra limiter la variation du rayon de la fraise. D'ailleurs, d'autres considérations (vitesse relative de la fraise, frottement de la touche sur le reproducteur) obligent à limiter l'emploi de ces machines, quel que soit le mode de réglage, au fraisage de lignes courbes se rapprochant de la ligne droite et peu inclinées sur la direction de la marche automatique.

2° **Machines rotatives automatiques, avec mouvement de reproduction suivant un rayon.** — Soient O le centre de la reproduction du mouvement automatique, P la ligne à reproduire, P′ la ligne parallèle décrite par le centre de la fraise; la courbe décrite par le centre de la touche sera la conchoïde S′ de P′, obtenue en prolongeant les rayons vecteurs de la longueur constante *ab;* et le reproducteur sera une ligne S parallèle à S′. Si *a*C est la normale en *a*, le centre instantané de la rotation est en C sur la perpendiculaire OC à O*a*, et C*b* est la normale à S′ au point *b*; les points de contact de la fraise et de la touche sont sur les normales C*a*, C*b*.

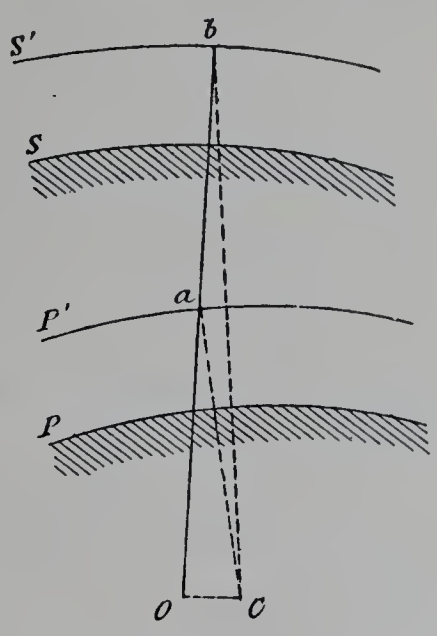


Fig. 114.

Le reproducteur est donc une ligne parallèle à la conchoïde d'une ligne parallèle à la ligne à reproduire.

Dans le cas de la touche cylindrique (fig. 115), le réglage, après usure de la fraise, se fera en faisant varier la distance des centres; la nouvelle ligne P″ décrite par le centre de la fraise ne sera pas une parallèle à P′, mais une conchoïde de P′ dont le rayon vecteur différera de *a*α et dont la normale sera α*c;* la ligne fraisée sera une parallèle à cette conchoïde de P′.

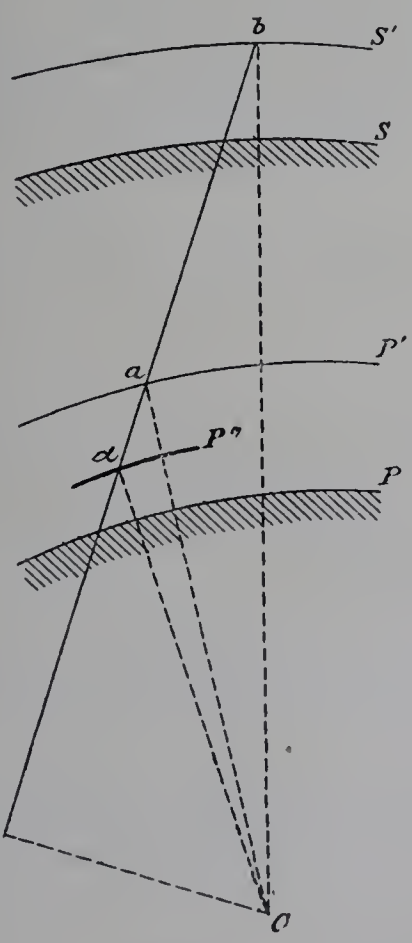


Fig. 115.

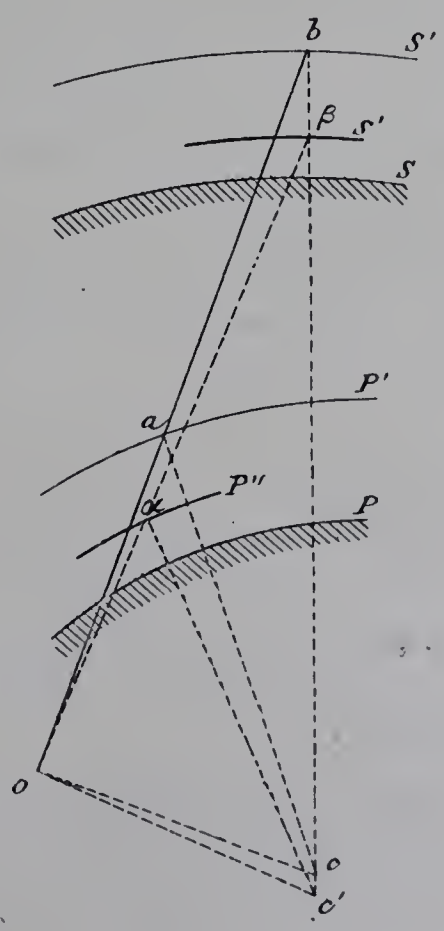


Fig. 116.

Dans le cas de la touche conique (fig. 116), le réglage se fera en faisant varier le diamètre de la touche; la ligne S″ décrite par le lieu des centres β de la touche sera une

parallèle à S et la ligne P″, lieu des centres α de la fraise, sera une conchoïde de S″ telle que le rayon vecteur diffère de la quantité constante $\alpha\beta = ab$; la normale au point fraisé sera $\alpha c'$ faisant un angle avec ac; on ne fraisera donc plus la même forme.

Avec l'un ou l'autre mode de réglage, on n'obtiendra la même forme, indépendamment du rayon de la fraise, que dans le cas du cercle ayant pour centre le centre du mouvement rotatif; on devra donc limiter l'emploi de ces machines au façonnage de contours fermés se rapprochant plus ou moins de la circonférence ayant pour centre le centre de la rotation; plus la normale au point fraisé s'écartera du rayon vecteur, plus on devra limiter l'usure de la fraise. D'autres considérations, vitesse relative de déplacement de la fraise, frottement de la touche sur le gabarit, conduisent d'ailleurs au même résultat.

Nous pouvons donner, d'autre part, une valeur approchée de l'écart qu'on obtient en un point quelconque de la ligne fraisée, après le réglage exigé par la variation de diamètre de la fraise.

Remarquons d'abord qu'on peut toujours, par un réglage convenable, ramener le fraisage sur un point quelconque, c'est-à-dire faire le réglage sur un point déterminé, mais on risque d'obtenir une variation dans la position des points voisins et un écart dans l'inclinaison de leur tangente.

Réglage sur un point dont la normale passe par le centre de la rotation. — Supposons d'abord, ce qui est le cas le plus ordinaire, qu'on fasse le réglage sur un point dont la normale passe par le centre de la rotation, par exemple les sommets d'une ellipse dont le centre coïncide avec le centre de la rotation.

Soient (fig. 117 et 118) :

o le centre de la rotation;

a le centre de la fraise au point considéré;

b le centre de la touche;

$ab = m$;

l le rayon secteur oa;

ac la normale en a et c le centre instantané de la rotation.

Touche cylindrique (fig. 117). — Si le diamètre de la fraise diminue de d, la distance des centres sera augmentée de $a\alpha = d$; le centre de la fraise viendra en α et on fraisera le point α_1 au lieu de a_1.

Soit V l'angle de la normale ac avec le rayon vecteur oa; nous allons donner la valeur u de l'écart suivant la normale au point fraisé et la variation x de l'angle des deux normales, c'est-à-dire la variation de l'angle des tangentes :

$$(1) \qquad u = d(1 - \cos V),$$

$$(2) \qquad \sin x = \frac{1}{2}\frac{d}{l}\sin 2V.$$

Touche conique (fig. 118). — Dans le cas de la touche conique, pour une variation d du rayon de la fraise, on fera subir au rayon de la touche la même variation d, le centre de la fraise viendra en α' tel que $\alpha'\beta = ab$.

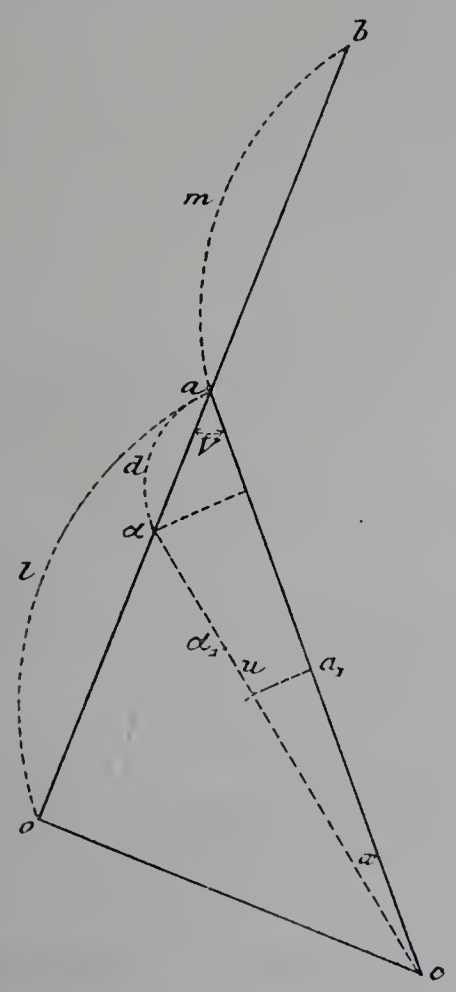


Fig. 117.

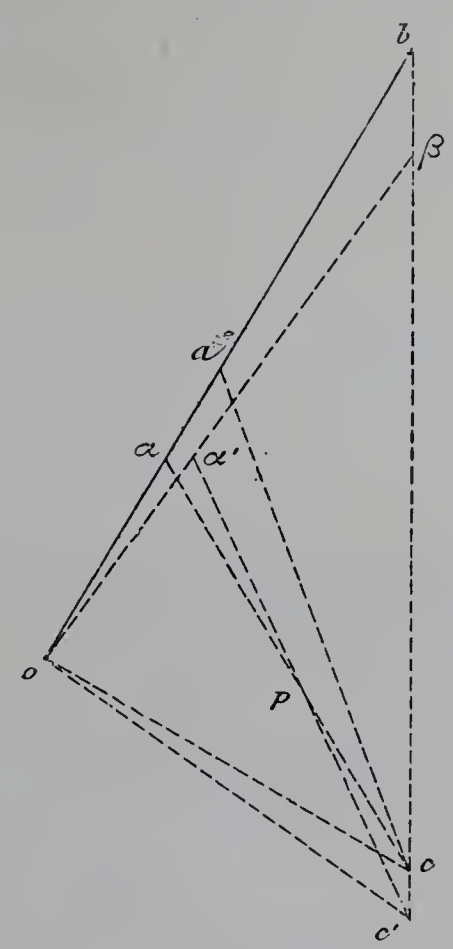


Fig. 118.

La variation de l'angle de la tangente sera déterminée par la formule :

$$x' = x - p, \tag{3}$$

x étant déterminé comme dans le cas précédent par la formule (2) et p, qui n'est autre que l'angle des deux normales αc, $\alpha' c'$, par les formules :

$$\operatorname{tang} p = \frac{d \sin b}{(l+m) - d \cos b}, \tag{4}$$

$$\operatorname{tang} b = \frac{l \operatorname{tang} V}{l+m}. \tag{5}$$

Quant à l'écart suivant la normale, il sera :

$$u' = d(1 - \cos V) - l \operatorname{tang} p \sin V. \tag{6}$$

Réglage sur un point autre que le pied de la normale passant par le centre de la rotation. — Nous avons supposé que nous faisions le réglage sur un point dont la normale passait par le centre de la rotation, c'est-à-dire sur un point pour lequel $V = 0$; on pourrait avoir intérêt à faire le réglage sur un point pour lequel $V = V_1$.

Touche cylindrique. — Si le rayon de la fraise a diminué de d, nous augmenterons la distance des centres de $\frac{d}{\cos V_1}$; l'écart suivant la normale en un point pour lequel l'angle formé par le rayon vecteur et la normale est V, sera :

$$u'' = d\left(1 - \frac{\cos V}{\cos V_1}\right), \tag{7}$$

et la variation d'inclinaison de la tangente sera l'angle x'' pour lequel

$$\sin x'' = \frac{1}{2}\frac{d}{l \cos V_1} \sin 2 V. \tag{8}$$

Touche conique. — Pour une variation d du rayon de la fraise, on devra faire varier le rayon de la touche conique de la quantité :

$$\frac{d(l+m)}{\sqrt{(l+m)^2 \cos^2 V_1 + l^2 \sin^2 V_1}} \text{ ou approximativement } \frac{d}{\cos V_1}.$$

La variation d'angle de la tangente pour un point quelconque, dont la normale fait un angle V avec le rayon vecteur, sera

$$x''' = x'' - p',$$

x'' étant déterminé par la formule (8) et p' approximativement par les formules :

$$\operatorname{tang} p' = \frac{d \sin b'}{(l+m)\cos V_1 - d \cos b'} \tag{9}$$

et

$$\operatorname{tang} b' = \frac{l \operatorname{tang} V}{l+m}. \tag{10}$$

Quant au déplacement suivant la normale, il sera approximativement :

$$u''' = d\left(1 - \frac{\cos V}{\cos V_1}\right) - l \operatorname{tang} p' \sin V. \tag{11}$$

Nous voyons que, d'une façon générale, on peut, lorsque le rayon de la fraise varie, calculer, en chacun des points de la ligne à reproduire, d'une part le déplacement du point fraisé suivant la normale, et d'autre part la variation d'inclinaison de la tangente en ce point. L'angle V, au moyen duquel nous calculons ces écarts, est l'angle du rayon vecteur avec la normale en un point que décrit le centre de la fraise, c'est-à-dire en un point d'une parallèle à la ligne à fraiser; il est certain que, pour la facilité des calculs, cette parallèle à la ligne à reproduire peut être considérée comme une ligne de même nature que cette dernière.

Comme application des considérations qui précèdent, supposons que nous ayons à reproduire une ligne formée du système de deux droites parallèles tangentes à deux demi-circonférences et que le centre de la figure coïncide avec le centre de la rotation. Si le rayon de la fraise diminue et que nous fassions le réglage sur les sommets, la ligne

fraisée passera par les points *abcd* et sera tangente à la ligne à reproduire, mais au lieu des droites *ef*, *gh*, on aura une ligne légèrement concave et au lieu des demi-circonférences on aura deux courbes extérieures; on déduirait facilement des formules précédentes l'écart maximum de dimensions que donnerait une variation déterminée de la fraise.

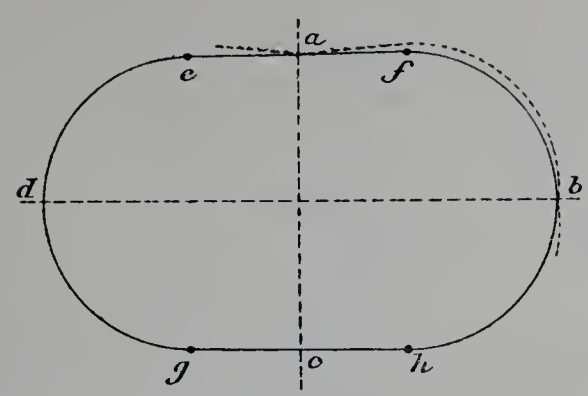


Fig. 119.

Si maintenant l'on veut s'affranchir de la variation de forme provenant de la variation du rayon de la fraise, il faut que le centre de la rotation se déplace de façon à rester toujours sur la normale au point fraisé; si on veut, de plus, tout en remplissant cette condition, décrire la surface d'un mouvement uniforme, il faut que le centre de la rotation décrive une parallèle à la ligne à reproduire; nous arrivons ainsi aux machines à double reproduction, dont aucun spécimen n'était d'ailleurs représenté.

3° **Machines à reproduire à articulation rectilignes.** — Soient *o* le centre de l'articulation, *o*D une droite parallèle à la direction de la marche automatique, P la ligne fraisée, P′ la ligne parallèle décrite par le centre de la fraise, *a* le centre de la fraise, *oa* la distance constante du centre de la fraise à l'axe d'articulation, *b* le centre de la touche; le mouvement peut être considéré comme engendré par la ligne *oa*, de longueur

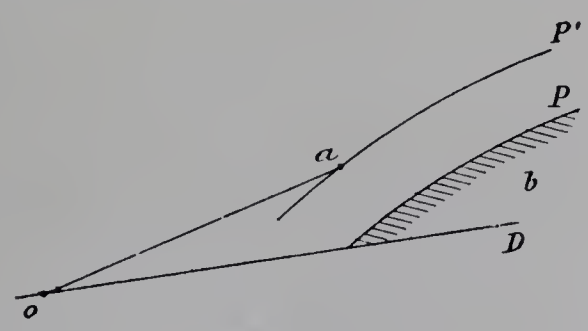


Fig. 120.

constante, qui se déplace en s'appuyant par ses extrémités sur la ligne P′ et sur la droite *o*D; la ligne décrite par le centre de la touche est engendrée par le point *b*, invariablement lié à la droite *oa;* le reproducteur est une ligne parallèle au lieu géométrique des points *b*.

Cette catégorie de machines est surtout destinée à reproduire des lignes dont la forme s'approche de la ligne droite; étudions donc les déformations que peut entraîner la reproduction d'une ligne de cette nature (fig. 121). La ligne décrite par le centre de la fraise étant

une parallèle à la ligne à reproduire, la ligne P′ sera elle-même une droite. Le centre instantané de la rotation est le point *c*, intersection des perpendiculaires *oc*, *ac* sur les lignes *o*D et P′. L'angle *oca* est supplémentaire de l'angle *oda*; donc, sur le plan de la ligne mobile, le lieu des points *c*, centres instantanés de rotation, est le segment capable de l'angle *oca* décrit sur la droite *oa*, c'est-à-dire la circonférence *odac*. Le diamètre *dc* de cette circonférence est de grandeur constante; donc, sur le plan fixe, le lieu des points *c* est une circonférence décrite du point *d* comme centre, avec *dc* pour rayon; cette circonférence est tangente en *c* à la circonférence *oadc*.

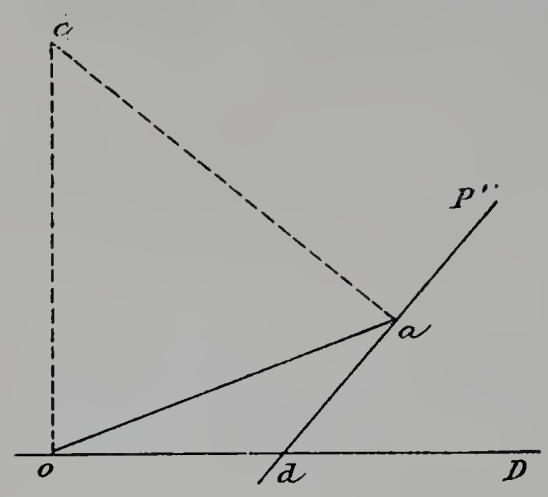


Fig. 121.

Le mouvement peut donc être considéré (fig. 122) comme engendré par le roulement de la circonférence *odac* dans l'intérieur de la circonférence de rayon *dc*, le point *o* décrit le diamètre *od*, le point *a* décrit le diamètre *ad* et un point quelconque de cette circonférence décrit un diamètre de la circonférence de centre *d*.

Cela posé, joignons le point *b*, centre de la touche, au point V, centre de la circonférence *odac*; ce diamètre rencontre sa circonférence aux points *e*, *f*. Pendant le roulement

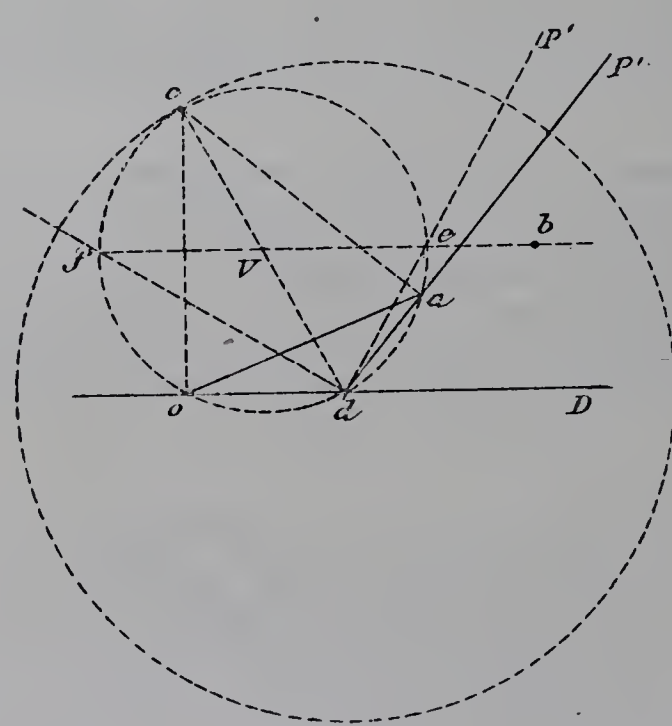


Fig. 122.

de la circonférence *odac*, le point *e* se déplace sur le diamètre *de*, le point *f* sur le diamètre *df*; le point *b* décrit alors une courbe engendrée par un point d'une droite *ef* de grandeur invariable, dont les extrémités *e* et *f* décrivent les côtés d'un angle droit. Le point *b* décrit donc une ellipse dont les axes sont *de*, *df* et dont les longueurs des demi-axes sont *be*, *bf*.

Le reproducteur sera donc une parallèle à l'ellipse.

Pour que le reproducteur fût une ligne droite, il faudrait que la ligne décrite par le

centre de la touche fût une ligne droite, c'est-à-dire que le point *b* se trouvât sur la circonférence *odac;* le reproducteur serait alors une droite inclinée sur la direction de la ligne à fraiser, à moins, toutefois, que la ligne à fraiser n'ait été placée parallèlement à la ligne de marche du mouvement automatique, auquel cas on reproduirait toujours une droite.

Reprenons le cas de la figure 122 et supposons que la fraise se soit usée; quel que soit le mode de réglage employé : déplacement d'une touche conique le long de son axe

Fig. 123.

ou variation de la distance des centres d'une touche cylindrique et de la fraise, le nouveau point *a* viendra en dehors de la circonférence *odac;* il décrira donc une ellipse et la ligne fraisée sera une parallèle à cette ellipse, au lieu d'être une droite. Finalement, au lieu de fraiser la ligne droite d_1P, nous fraiserons une courbe d_1P_1 tournant sa concavité vers le haut (fig. 123).

Pour diminuer les déformations, on aura intérêt, d'après ce qui précède, à placer la ligne à fraiser parallèle dans son ensemble à la direction de la marche automatique.

4° **Machines à reproduire à articulation rotatives.** — Dans ces machines, le mouvement rectiligne automatique est remplacé par un mouvement rotatif; le mouvement

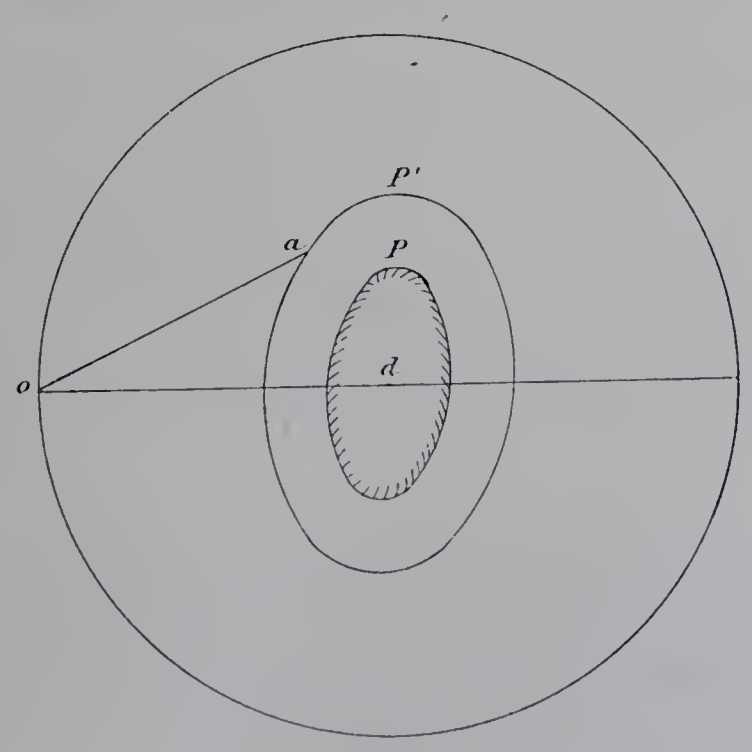


Fig. 124.

général peut être considéré comme engendré par le déplacement d'une droite de longueur constante *oa* qui s'appuie par ses extrémités sur une circonférence de centre *d* et

de rayon *do* et sur la ligne P′ décrite par le centre de la fraise. La reproduction d'une circonférence concentrique au mouvement rotatif permettra seule d'éviter les déformations provenant de l'usure de la fraise.

Il résulte des considérations précédentes que, dans les machines à façonner à simple reproduction, généralement employées, la forme obtenue n'est indépendante de l'usure de la fraise que dans un nombre limité de cas; au fur et à mesure qu'on s'écarte de ces figures types, la forme et les dimensions de la pièce fraisée varient de plus en plus avec l'usure de l'outillage, et la précision ne peut plus être obtenue que sur un certain nombre de points. Mais, d'autre part, les formes types qui conviennent plus particulièrement à chaque genre de machines, lignes ouvertes dont la direction générale est une droite, contours fermés se rapprochant plus ou moins d'une circonférence, sont celles qu'on rencontre le plus généralement dans la pratique; de plus, il est toujours possible de se rendre compte des erreurs auxquelles on s'expose, de limiter en conséquence les tolérances à admettre sur l'usure des fraises, de fixer le sens dans lequel ces tolérances doivent être prises et, dans tous les cas, de déterminer les points sur lesquels le réglage devra être effectué.

C'est sous ces réserves que la reproduction, jointe à l'emploi de fraises à fine denture, permet le finissage de pièces précises et délicates; d'ailleurs, dans le cas où on aurait à s'écarter sensiblement des formes dont il vient d'être question, il serait avantageux de recourir à la double reproduction; on pourrait arriver ainsi à éliminer complètement les écarts provenant de la variation du diamètre des fraises en même temps qu'on faciliterait le franchissement des fortes rampes et qu'on ferait parcourir à la fraise le contour d'une vitesse uniforme.

V. MACHINES SPÉCIALES.

Les machines à fraiser spéciales représentées à l'Exposition comprennent d'abord des machines à tailler les engrenages, les roues et les vis sans fin, dont nous nous occuperons dans un autre chapitre, puis les machines à tailler les fraises; les machines à tailler les forets hélicoïdaux; les machines à fraiser les têtes de boulons et les écrous; les machines à fraiser les rainures et les mortaises; les machines à fouiller la gravure.

Machines à tailler les fraises. — Les machines à fraiser universelles peuvent, à l'aide de montages accessoires, tailler les fraises cylindriques et coniques à dents droites ou hélicoïdales; pour la taille des fraises de forme, qui s'affûtent sur le dos de la dent, il faut en plus un mouvement de reproduction qui fasse suivre à la fraise taillante ou papillon la génératrice de la surface.

Les machines spéciales remplissant ces conditions, qui figuraient en 1900, ne sont pas de création récente; elles existaient déjà en 1889 et la plupart d'entre elles étaient déjà exposées; elles ne permettent d'ailleurs que la taille des dents droites.

La fraise à tailler est montée sur une poupée avec plateau à toc, contrepointe et diviseur à trous ou à crans, qu'on manœuvre à la main. Les deux mouvements nécessaires pour la reproduction se font à la main (Progrès industriel, Duval Pihet) ou bien l'un automatiquement et l'autre à la main (Huré, Prétot, Vautier); dans le premier cas, un levier permet d'appliquer, par pression, la touche sur le reproducteur en même temps qu'un autre produit le déplacement de la fraise; dans le second, le déplacement rectiligne est automatique et un levier analogue au précédent permet de faire suivre à à la touche, et par suite à la fraise, les ondulations du reproducteur.

Toutefois, les machines à tailler les fraises n'ont pas à produire un travail de précision, puisque le creux de la dent n'est qu'un dégagement destiné à loger immédiatement les copeaux détachés; le reproducteur pourra donc sans inconvénient être tracé théoriquement ou être fraisé en partant d'une pièce bien faite; mais comme il faut que les sillons soient de profondeur proportionnelle au diamètre de la fraise en chaque point, la forme du gabarit devra tenir compte de cette condition.

Dans la machine du Progrès industriel, un arbre portant d'un côté la touche, de l'autre la fraise, est lié à un système articulé permettant des déplacements longitudinaux et des déplacements verticaux de l'ensemble de la fraise et de la touche; le reproducteur a donc la même forme et les mêmes dimensions que la pièce à reproduire au fond de sa denture.

La machine exposée par M. Duval est du système Bonnaz; elle présente l'avantage de pouvoir tailler des fraises de même forme, mais de dimensions variables avec un gabarit unique. Le porte-fraise fait corps avec un levier de manière à recevoir deux mouvements, savoir : un mouvement d'oscillation autour d'un axe dans un plan horizontal et un mouvement de va-et-vient dans le même plan suivant des rayons passant par l'axe; ces déplacements sont commandés par des déplacements semblables de la touche le long du gabarit par l'intermédiaire de leviers qui donnent aux deux pièces, touche et fraise, des déplacements homothétiques. Après avoir déduit la forme du reproducteur du profil extérieur de la fraise par un rapport homothétique, on obtient des sillons de profondeur variable par une simple inclinaison du gabarit sous un angle convenable.

M. Prétot fixe sur le secteur de la tête de sa machine universelle un long bras articulé à une de ses extrémités; ce levier supporte vers le milieu de sa longueur le papillon et à son extrémité le galet qu'on appuie sur le reproducteur; ce reproducteur ainsi que la pièce à tailler sont fixés sur le chariot supérieur de la machine.

Dans la machine Huré, l'arbre qui porte le papillon est monté sur un chariot qui peut se déplacer horizontalement et verticalement; ce chariot est articulé par un joint sphérique à un levier portant le galet. Le déplacement horizontal du chariot est utilisé lorsqu'on manœuvre la machine complètement à la main; on le bloque, au contraire, lorsqu'on veut utiliser la marche automatique de la table de la machine.

La machine exposée par M. Vautier est du type Frey; son principe est analogue à celui de la machine Huré, mais le chariot vertical du levier, au lieu d'être parallèle à la position moyenne de ce dernier, lui est perpendiculaire.

Dans les machines Prétot, Huré et Vautier, les déplacements horizontaux du reproducteur et de la fraise à tailler sont égaux, alors que les ordonnées ou déplacements verticaux sont dans le rapport des bras de levier; les rampes sont donc plus fortes sur le reproducteur que sur la pièce, d'où la nécessité d'aider avec la main les déplacements le long des rampes.

Dans toutes les machines exposées, quelque ingénieuses qu'en soient les dispositions, un, au plus, des mouvements de reproduction est automatique, et l'ouvrier est obligé d'appuyer à la main le galet sur le gabarit pour faire suivre au papillon le contour de la fraise à tailler; l'Exposition de 1889 comportait des machines automatiques dans lesquelles l'intervention de l'ouvrier n'était nécessaire que pour ramener le chariot en arrière et faire la division; le retour automatique et la division se faisaient même automatiquement dans une machine de la Société Alsacienne disposée pour la taille des fraises de forme à dents droites. Il est regrettable que les constructeurs n'aient pas persévéré dans cette voie et cherché à établir des machines capables de tailler les fraises de forme quelconque à dents droites ou hélicoïdales avec chariot automatique, retour rapide et division automatique, puis arrêt à la fin du travail. Cette automacité complète est précieuse dans des établissements qui, en raison de la nature de leurs travaux, peuvent avoir, chaque jour, à construire ou retailler plusieurs centaines de fraises; elle permet de confier à un seul ouvrier la conduite de trois ou quatre machines et de réduire dans une notable proportion les frais d'outillage; des machines ainsi complétées existent dans les établissements de la guerre en France et présentent les avantages suivants : elles permettent la taille des fraises cylindriques, coniques ou de forme quelconque, à dents droites ou hélicoïdales, de pas variable suivant le diamètre aux différents points du profil, et par conséquent d'inclinaison d'hélice constante sur la génératrice. Le mouvement de translation de la fraise, le mouvement de reproduction, le retour et la division sont automatiques; la tête de la machine, qui supporte la touche et la fraise, s'élève sous l'action du reproducteur sur la touche; mais, pour éviter les rampes trop raides, le chariot porte-reproducteur a des déplacements dans le sens des abscisses quatre fois plus considérables que les déplacements du chariot porte-pièce et le retour est rapide dans le rapport de 1 à 12; de plus, une règle directrice du mouvement hélicoïdal permet d'en faire varier le pas, et par conséquent d'en maintenir constante l'inclinaison.

Machines à tailler les forets hélicoïdaux. — Les machines à fraiser universelles, dont il a été plusieurs fois question, permettent de tailler les forets en hélice, mais elles ne peuvent faire les cannelures que successivement.

M. Reinecker présente deux machines, de force différente, qui permettent de faire les deux cannelures à la fois; il emploie à cet effet deux papillons dont les arbres situés dans des plans verticaux différents font entre eux un angle égal au double de l'inclinaison de chaque cannelure par rapport à l'axe du foret; celui-ci est horizontal et passe entre les papillons en avançant et tournant sur lui-même. Les papillons sont

inclinés dans la direction des cannelures et sont portés chacun par une tête inclinable appartenant à un chariot mobile transversalement. Si la profondeur des cannelures doit être constante, on règle la position des deux chariots et le travail s'effectue sans qu'ils se déplacent; si, au contraire, on veut que l'âme du foret augmente d'épaisseur depuis sa pointe jusqu'à la partie cylindrique, une came produit le déplacement lent des chariots pendant le travail.

La machine du Progrès industriel permet d'obtenir un foret à pas croissant avec l'âme progressivement plus forte des lèvres à la queue, de façon que la section des rainures reste à peu près constante et offre toujours le même dégagement aux copeaux. Elle présente l'aspect général d'un tour; le foret est serré dans un mandrin fixé sur l'arbre, et les deux fraises placées l'une au-dessus de l'autre, de part et d'autre du foret, sont fixées à deux chariots supportés par le chariot du tour et disposés de part et d'autre du banc de la machine. Le mouvement d'avance du chariot est donné directement à la vis-mère et se transmet à l'arbre de la machine par l'intermédiaire d'une vis sans fin engrenant avec une roue excentrée montée sur l'arbre de la machine; un contre-poids ramène constamment la vis sans fin fixée sur une boîte d'engrenages contre la roue à vis sans fin; on obtient par ce moyen un pas qui augmente progressivement et est proportionnel à

$$\sqrt{r^2 + e^2 - 2re\cos\omega}$$

(r étant le rayon de la roue, e l'excentrage et ω l'angle au centre correspondant à la rotation de la roue). Au fur et à mesure que le chariot de la machine se déplace, un plan incliné fait monter l'un des chariots porte-fraise, pendant que l'autre descend, et les deux fraises s'écartent progressivement au fur et à mesure que le fraisage avance.

Machines à fraiser les têtes de boulons et les écrous. — M. Prétot expose d'abord une machine dans laquelle les six faces d'un même écrou sont simultanément fraisées au moyen de six fraises à deux dents, en retrait de deux en deux les unes sur les autres, de façon que les dents ne se contrarient pas. Les pièces à travailler sont fixées horizontalement sur les six faces d'un barillet à axe vertical et viennent successivement pénétrer dans l'alésage d'un tambour, suivant les rayons duquel sont dirigés les six arbres porte-fraise; ces arbres portent chacun vers l'extérieur une roue dentée et l'ensemble de ces roues est commandé par une couronne dentée fixée sur la poulie fixe de commande de la machine. La table porte des glissières dans lesquelles coulisse le chariot porte-barillet; ce chariot est mû par une came qui donne un mouvement lent pour le travail et rapide pour le retour, pendant lequel le barillet tourne d'un sixième de tour pour présenter une nouvelle pièce à l'action de l'outil. Cette machine est alimentée pendant le travail; à cet effet, la tige de chaque boulon est prise dans un mandrin à expansion actionné par un ressort; un levier coudé vient, à un moment donné, buter contre la poussée du ressort et permet le changement de la pièce.

Le même constructeur exposait également une machine qui figurait déja en 1889 et

IMPRIMERIE NATIONALE.

qui donne un rendement plus considérable que la précédente. Cette machine comporte deux arbres porte-fraise parallèles, qui peuvent être rapprochés ou écartés au moyen de deux vis à pas contraires; ces arbres portent chacun trois fraises opposées deux à deux, entre lesquelles passent trois séries d'écrous montées chacune sur un mandrin ou trois boulons montés entre pointes; chaque appareil porte-pièce est muni d'un système diviseur; la division se fait simultanément pour les trois pièces par le moyen d'une même vis sans fin.

Un ouvrier peut conduire simultanément deux machines et faire par conséquent travailler douze fraises à la fois.

Machines à fraiser les rainures et les mortaises. — La fraise se prête bien à l'exécution des rainures et des mortaises dans les arbres; un certain nombre de machines portatives permettent d'exécuter le travail sur place; elles étaient représentées à Vincennes par la machine système « Burr », qui peut être fixée sur l'arbre à l'aide de lunettes serrées par des boulons; une manivelle, avec multiplication de force par engrenages, donne un mouvement de rotation à la fraise et un mouvement d'avance à la tête de la machine par chaîne de Galle et vis sans fin, de telle sorte que la fraise tourne et avance suivant une génératrice de l'arbre; une manivelle placée à la partie supérieure permet d'enfoncer la fraise à la profondeur voulue.

Des machines fixes, exposées par MM. Bement-Miles et Cie, M. Richards, la Deutsche Werkzeugmaschinen-Fabrik, M. Demoor, permettent de faire la même opération sur de grosses pièces à longue portée ou des arbres démontés. La table qui porte la pièce peut, pour faciliter le réglage, monter ou descendre et être déplacée transversalement ou même longitudinalement (Deutsche Werkzeugmaschinen-Fabrik, Demoor); l'outil, souvent constitué par une fraise à deux dents, a son axe vertical et est porté par un chariot qui possède, le long des glissières horizontales, un mouvement alternatif avec descente automatique de la broche au passage au point de départ ou même à chaque renversement de marche (Bement, Richards); ce serrage vertical est obtenu par l'action d'un cliquet sur le rochet de commande d'une vis verticale.

Machines à fouiller la gravure d'après un tracé ou d'après un modèle. — La fraise peut être utilisée pour ébaucher et fouiller les gravures, soit qu'on se propose de suivre un contour tracé sur le métal, soit qu'on cherche à réduire ou amplifier un modèle; l'outil employé en pareil cas est une petite fraise pointue en forme de pyramide quadrangulaire.

Une machine de M. Prétot permet de fouiller la gravure en creux des fers à dorer, par exemple; l'outil, animé d'un mouvement de rotation, est supporté par un chariot porte-tête qu'on peut faire descendre en agissant sur un levier équilibré, et bloquer, quand on est arrivé à la profondeur voulue; puis, en agissant sur les manivelles de commande de deux chariots rectilignes perpendiculaires et d'un plateau rotatif, on fait suivre à la pièce le contour qui a été tracé.

M. Ledru expose deux machines qui permettent de reproduire, à une échelle quelconque, un modèle gravé, médaille ou plaquette, par exemple, d'en réduire ou d'en augmenter le relief et de faire une reproduction face à gauche avec un modèle face à droite et *vice versa*. La première, qui s'adresse surtout aux objets de forme circulaire, dérive du tour à portrait de Hulot (1776), mais l'outil, au lieu d'être un burin fixe, est remplacé, comme dans le tour de Coutanin (1841), par une fraise à rotation rapide. Cette application de la fraise date de 1816 et le mérite de l'invention revient à un nommé Poterat, qui obtint ainsi de la Société d'encouragement une récompense de 1,200 francs.

Un bras susceptible d'osciller autour de deux axes perpendiculaires dans un plan horizontal et dans un plan vertical porte à son extrémité une touche et dans une position intermédiaire une fraise. En face de la touche et en face de la fraise sont montés sur deux poupées de tour le modèle et la pièce à graver; ces deux poupées sont munies de deux roues semblables engrenant avec deux vis tangentes calées sur un même arbre et ont, par conséquent, dans des temps égaux, des déplacements angulaires égaux. Le bras, sous l'action de contrepoids, appuie par sa touche constamment contre le modèle en même temps qu'un levier qui lui est relié possède un mouvement ascensionnel commandé par le mouvement de rotation des poupées et fait décrire à la pointe et à la fraise des arcs de cercle ayant comme centre commun le centre d'oscillation dans le plan vertical. Des deux mouvements combinés, rotation du modèle et de la pièce et articulation du levier, il résulte pour la touche et la fraise placées à l'origine du travail au centre de la pièce et du modèle, un déplacement en spirale qui leur fait parcourir toute la surface en même temps que les contrepoids leur font suivre les reliefs. Au fur et à mesure que la pointe s'éloigne du centre et décrit des circonférences de plus grand diamètre, la vis sans fin et par suite les roues qu'elle commande reçoivent un mouvement de rotation retardé en même temps que la vitesse de déplacement diminue; cette diminution de vitesse est obtenue par le déplacement de la courroie de commande des mouvements sur deux tambours coniques en sens inverse, sous l'action du mouvement ascensionnel du bras.

Pour faire varier le rapport de réduction, on déplace la fraise le long du bras et on augmente ou on diminue le relief en déplaçant, par rapport à l'axe fixe d'oscillation dans le plan vertical, l'axe d'oscillation du bras dans le plan horizontal. Quand on veut faire un agrandissement au lieu d'une réduction, on met la pointe à la place de la fraise et le modèle à la place de la pièce, et quand on veut reproduire face à gauche avec un modèle face droite, on change la roue et la vis de la pièce et on les remplace par des organes qui tournent en sens inverse; mais, dans ce dernier cas, on obtient des copies difformées, puisque les points en contact avec la broche et la fraise ne sont pas géométriquement correspondants.

La deuxième machine exposée par M. Ledru est de création toute récente; elle travaille en ligne droite et non circulairement comme la première et permet d'obtenir économiquement la réduction d'un modèle large et étroit. Le modèle et la réduction sont portés par deux chariots qui glissent sur un banc rectiligne, dans un mouvement

de va-et-vient, et dont la longueur des chemins parcourus dans le même temps est fonction de deux vis de pas différents calées sur le même arbre et tournant dans des écrous fixes adaptés à chacun des chariots; pour obtenir une réduction d'un modèle donné dans

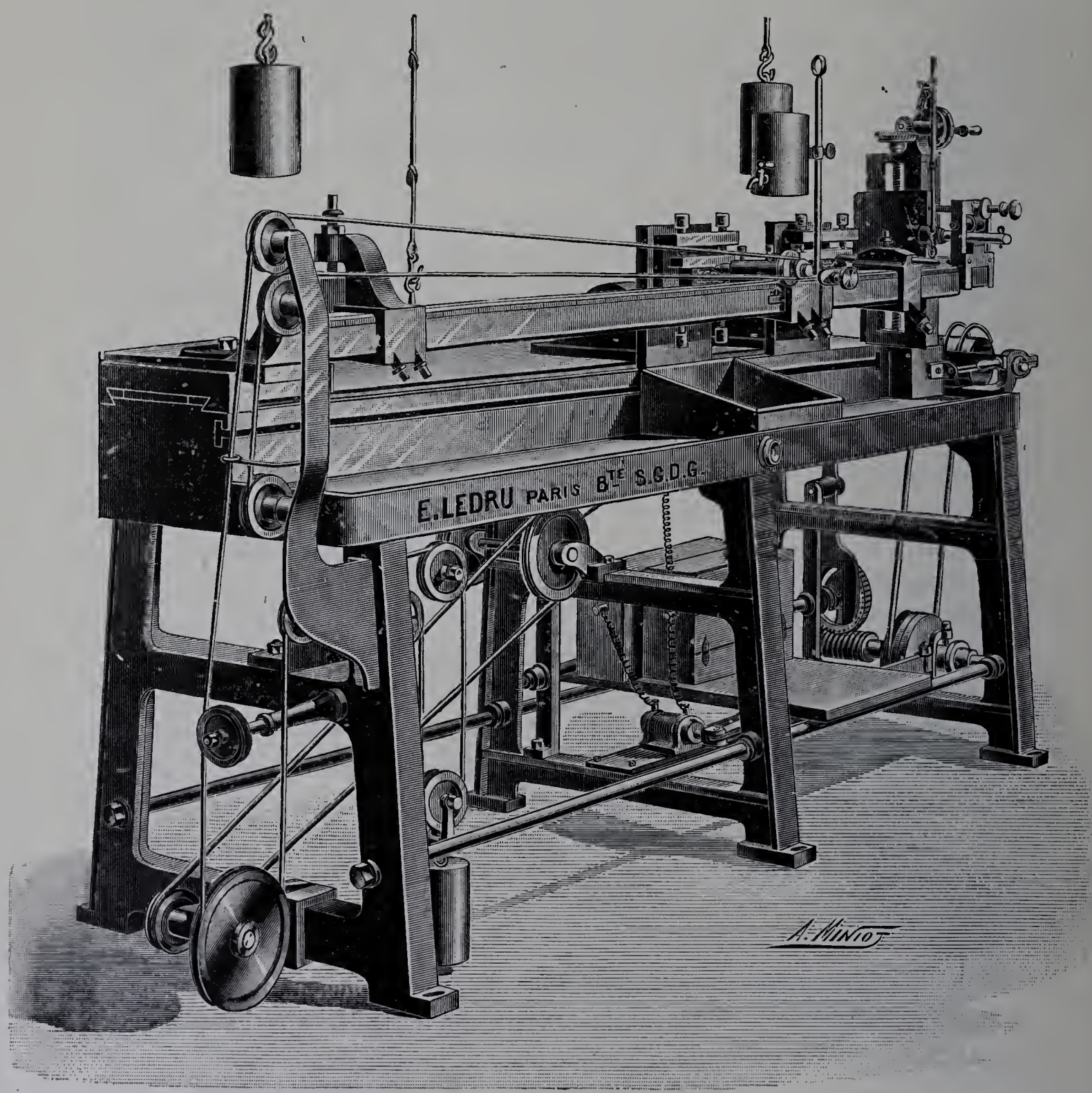


Fig. 125. — Machine de M. Ledru à réduire la gravure en ligne droite.

une proportion quelconque, il suffit de placer des vis dont le rapport des pas soit en raison de la proportion du modèle à la réduction. La disproportion du relief et la réduction en sens inverse sont données comme dans la première machine, mais ici on obtient sans déformation une réduction inversée et on peut avoir en largeur une réduction disproportionnelle de celle donnée en longueur.

Enfin, une machine de M. Delbey, qui s'applique surtout à la sculpture sur bois, sur marbre et sur ivoire, repose également sur la similitude des mouvements de la pièce et de l'appareil, mais ici l'outil et la touche sont fixes et ce sont le modèle et la pièce à reproduire qu'on déplace à la main.

DES FRAISES.

Les fraises, quels que soient leur mode d'action et leur forme, peuvent se ramener à deux types distincts : les unes, qu'on peut qualifier de *latérales,* travaillent par leurs arêtes méridiennes tangentiellement à la surface qu'elles façonnent, les autres, dites en *bout,* agissent par leur tranche perpendiculaire à l'axe, normalement à la surface qu'elles dressent; dans le premier cas, les dents s'engagent successivement dans la matière, détachent leur copeau, puis se dégagent, se refroidissent à l'air et pénètrent de nouveau pour recommencer le même travail sur un point voisin de celui attaqué par la dent précédente; dans le second, les arêtes restent continuellement en contact avec la surface et sont engagées dans l'épaisseur du métal, sur la moitié du diamètre de la fraise. En dehors de ces deux types bien définis, des fraises mixtes peuvent travailler à la fois latéralement et en bout, ou ne rentrer qu'en partie dans l'une ou l'autre des deux catégories précédentes, par exemple, les fraises en bout qui dressent une surface moins large que leur diamètre ou les fraises latérales qui façonnent des profils à peu près normaux à leur axe.

Dans tous les cas, l'épaisseur du copeau enlevé par chaque dent, à chaque révolution de la fraise, est toujours peu considérable; si on appelle, en effet, p cette épaisseur, z le nombre des dents de la fraise, n le nombre de tours et u l'avance à la minute, on a :

$$p = \frac{u}{nz};$$

or, en prenant $u = 45^{mm}$, $n = 60$ et $z = 15$, ce qui représente un cas ordinaire de la pratique, on a :

$$p = 0^{mm}\,05.$$

Quant à la largeur et à la longueur du copeau, elles dépendent de la hauteur et de la longueur sur lesquelles la fraise est engagée.

1° FRAISES LATÉRALES.

Nombre de dents. — Dans le travail des fraises latérales, les dents ont une action discontinue : il y a donc avantage à en multiplier le nombre et à réduire l'intervalle qui les sépare l'une de l'autre, en laissant toutefois à chacune d'elles l'épaisseur nécessaire pour résister au travail et de l'une à l'autre un vide suffisant pour loger les copeaux.

Si l'on désigne par D le diamètre de la fraise, par e l'épaisseur du métal dans lequel cette fraise pénètre, et qu'on s'impose la condition qu'il y ait toujours une dent au moins engagée dans la matière, l'intervalle i d'une dent à l'autre devra être au moins égal à

(1) $$i = \sqrt{De}$$

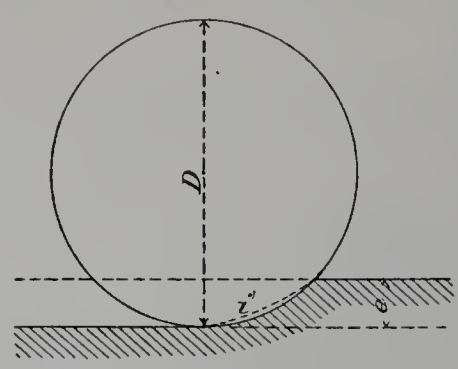


Fig. 126.

et le nombre z des dents approximativement :

(2) $$z = \frac{\pi D}{i} = \pi \sqrt{\frac{D}{e}}.$$

MM. Brown et Sharpe déterminent le nombre des dents de façon que l'arc de fraise engagé dans le métal comprenne un intervalle et demi, c'est-à-dire que :

(3) $$i = \frac{2}{3}\sqrt{De};$$

d'où

(4) $$z = \frac{3}{2}\pi \sqrt{\frac{D}{e}};$$

de cette façon, il y a toujours une dent et même pendant le tiers du temps deux dents en prise.

Une règle donnée par M. Desgranchamps, il y a une vingtaine d'années, et suivie encore aujourd'hui par un certain nombre de constructeurs européens, indique sept dents pour les fraises de 20 millimètres de diamètre, et augmente successivement d'une dent pour chaque fraction de 5 millimètres ajoutée à ce diamètre :

(5) $$z' = \frac{D - 20}{5} + 7.$$

Le nombre des dents varie, à une constante près, proportionnellement au diamètre, et non, comme dans la loi précédente, proportionnellement à la racine carrée du diamètre; il en résulte que l'épaisseur de métal pour laquelle il y a toujours une dent en prise varie avec le diamètre de la fraise; elle est de 3 mm. 5 pour 20 millimètres, 3 millimètres pour 30 et 2 millimètres pour 60. Mais il y a lieu d'ajouter que M. Des-

granchamps recommandait, comme nous le verrons plus loin, de donner aux arêtes coupantes une forte hélice qui remédie aux inconvénients d'un espacement trop grand entre les dents.

Denture hélicoïdale. — Il est, en effet, souvent difficile d'avoir simultanément plusieurs dents engagées dans le métal. Dans les passes de finissage, par exemple, lorsque l'épaisseur de matière à enlever ne dépasse pas 0 mm. 4, on arriverait pour les petites fraises à un nombre de dents considérable et on éprouverait de sérieuses difficultés à tailler et à affûter les arêtes dont les intervalles seraient trop serrés; il est vrai qu'alors l'effort du travail est peu considérable et que les variations de résistance qui se produisent au moment où les dents s'engagent et se dégagent sont peu importantes, surtout quand la fraise travaille sur une faible longueur; on peut se contenter, en général, d'un intervalle de 3 à 5 millimètres, mais il semble difficile de descendre au-dessous. Toutefois, la discontinuité de l'action des dents devient sensible lorsque la longueur sur laquelle on travaille vient à varier brusquement; il se produit alors une légère ondulation, à laquelle on remédie en donnant aux dents un peu d'hélice, de façon que plusieurs arêtes se trouvent simultanément en prise sur la ligne de contact perpendiculaire à l'avance. Il faut cependant se garder, dans les travaux de finissage, de donner une inclinaison d'hélice exagérée, qui entraînerait une réduction notable du nombre des dents et favoriserait les traces de coups d'outils sur la surface fraisée.

C'est surtout dans les travaux de force que la taille en hélice est avantageuse : chaque élément de la dent s'engageant progressivement dans la matière et possédant à la fois un mouvement de pénétration dans le sens de l'avance et perpendiculairement à cette direction, la résistance à la pénétration se trouve répartie entre ces deux directions; la taille en hélice produit donc une sorte de mouvement de sciage, qui facilite la coupe du métal; de plus, elle divise le copeau plus que la dent droite et, finalement, diminue la résistance totale.

M. Desgranchamps, partant de cette donnée de l'expérience que l'angle de moindre résistance pour un outil de machine à raboter travaillant sur l'acier est de 55 degrés,

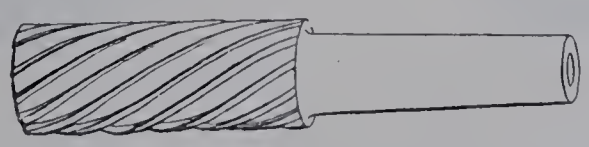


Fig. 127. — Fraise hélicoïdale au pas de quatre fois et demi le diamètre.

considère une fraise comme un outil analogue et admet 55 degrés pour inclinaison de la tangente sur la ligne de marche; il arrive à cette conclusion que le pas de l'hélice doit être égal à quatre fois et demi le diamètre. Des outils établis dans ces conditions coupent, en effet, très bien et conviennent pour les travaux particulièrement pénibles; ils durent plus longtemps et exercent un effort moins considérable que les fraises au

pas de 6, 8, 12 fois le diamètre, mais ils ont l'inconvénient d'engendrer une poussée longitudinale qui s'exerce du côté du dos de la dent et croît comme le sinus de l'inclinaison sur l'axe; actuellement M. Bouhey, M. Fetu-Defize et d'autres réduisent le pas à 6 fois le diamètre; dans la plupart des cas de la pratique, on se contente d'une hélice de 10 à 12 fois le diamètre, et, lorsqu'il est nécessaire d'incliner la dent dans les travaux de finissage, on allonge le pas jusqu'à 20 fois le diamètre.

Fraises à dents interrompues. — D'ailleurs, on peut utiliser l'avantage qu'offre, au point de vue de la résistance, la division des copeaux, en interrompant les dents des

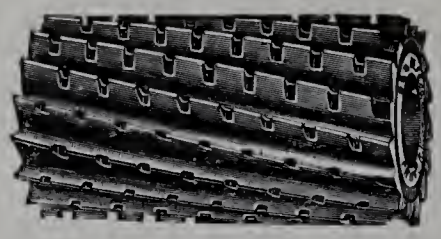


Fig. 128.

longues fraises par des cannelures en hélice peu inclinées sur la section normale, de façon que le vide d'une dent soit recouvert par le plein de la dent suivante.

Fraises à dents rapportées. — L'extension qui a été donnée depuis une vingtaine d'années à l'emploi des fraiseuses dans les travaux qui, autrefois, étaient exécutés par

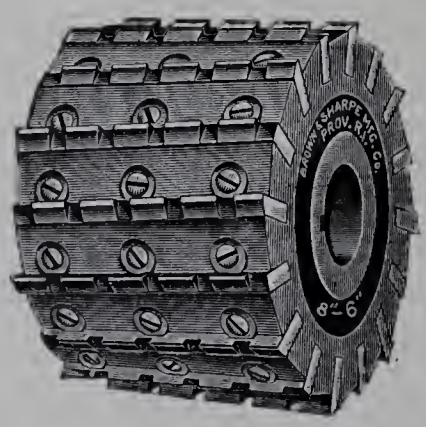


Fig. 129. — Fraise dents rapportées, Brown et Sharpe.

Fig. 130. — Fraise à dents rapportées, Pratt et Whitney.

des raboteuses, a entraîné la construction de fraises de grande longueur et, par conséquent, de grand diamètre. La construction en une seule pièce d'outils dont le diamètre est supérieur à 200 millimètres eût amené des difficultés de confection et surtout de trempe, et des prix de revient considérables. Depuis 1880, on fait usage de fraises dont le noyau est en fonte et dont les dents sont constituées par des lames rapportées, maintenues de différentes façons. MM. Brown et Sharpe fixent les lames en place

un coin oblique qui fait serrage sous l'action d'une vis; MM. Pratt et Whitney et M. Reinecker les maintiennent dans leur logement par la pression d'une goupille conique qui, en s'enfonçant, agit sur les deux branches déterminées par une fente du noyau. Enfin, dans les fraises Ingersoll, les dents sont constituées par une série de boutons

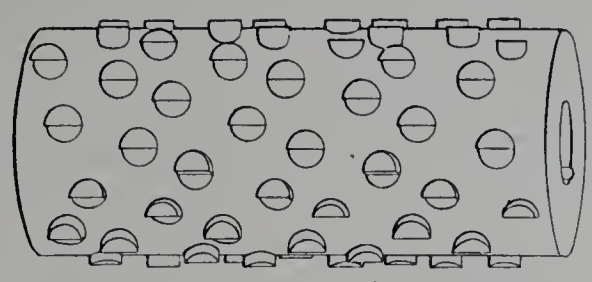


Fig. 131. — Fraise à boutons, Ingersoll.

qui présentent à leur extrémité la forme d'un outil coupant et sont enfoncés dans leur logement par une pression hydraulique; on sort ces boutons, pour les changer, en introduisant un mandrin par un trou opposé.

Profil de la dent. — Étant donné le mode d'action d'une dent de fraise, son profil devrait être celui d'un outil de raboteuse, c'est-à-dire que, dans le travail de l'acier, l'angle d'incidence devrait être de 4 degrés avec un taillant de 51 degrés et un angle de dégagement de 35 degrés; dans la pratique, on se conforme autant que possible à l'angle d'incidence théorique qu'on considère toutefois comme un minimum pour se mettre nettement à l'abri des frottements sur le dos de la dent, mais on renforce le taillant et

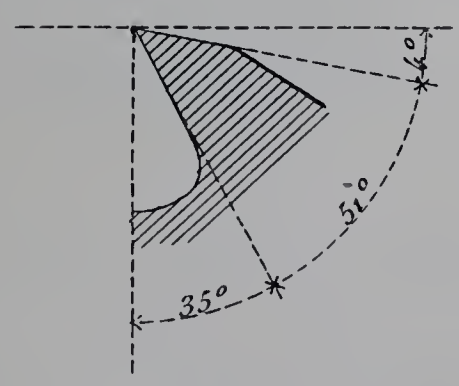


Fig. 132.

on le porte à 60 ou 70 degrés, en se contentant de faire passer le flanc de quelques degrés en deçà du centre. MM. Brown et Sharpe, MM. Pratt et Whitney et les constructeurs américains donnent même aux faces des dents une direction radiale et au profil une section triangulaire, de façon à ne pas être amenés trop vite par les affûtages successifs à élargir la facette de coupe.

Quant à la profondeur de la dent, elle résulte de son profil et de l'intervalle qui la sépare de la suivante, c'est-à-dire du nombre des dents.

Diamètre et largeur utile des fraises. — Le diamètre des fraises doit être aussi

petit que possible. Il faut d'abord, pour éviter la fatigue de l'arbre porte-fraise, ne pas donner trop de masse au noyau de l'outil; de plus, pour éviter les effets des vibrations dues à l'action discontinue des dents, il y a avantage à avoir le moindre moment d'inertie et, par conséquent, le plus petit diamètre pour la fraise; enfin, les fraises volumineuses ont l'inconvenient d'être coûteuses et surtout de fournir un rendement moindre que les petites. En effet, pour fraiser dans un bloc une longueur déterminée AB, une fraise doit parcourir cette longueur et, de plus la longueur $OC = \sqrt{e\,(2\,R - e)}$, avant de s'engager dans la matière sur toute la hauteur de la partie à enlever; donc plus le rayon sera petit,

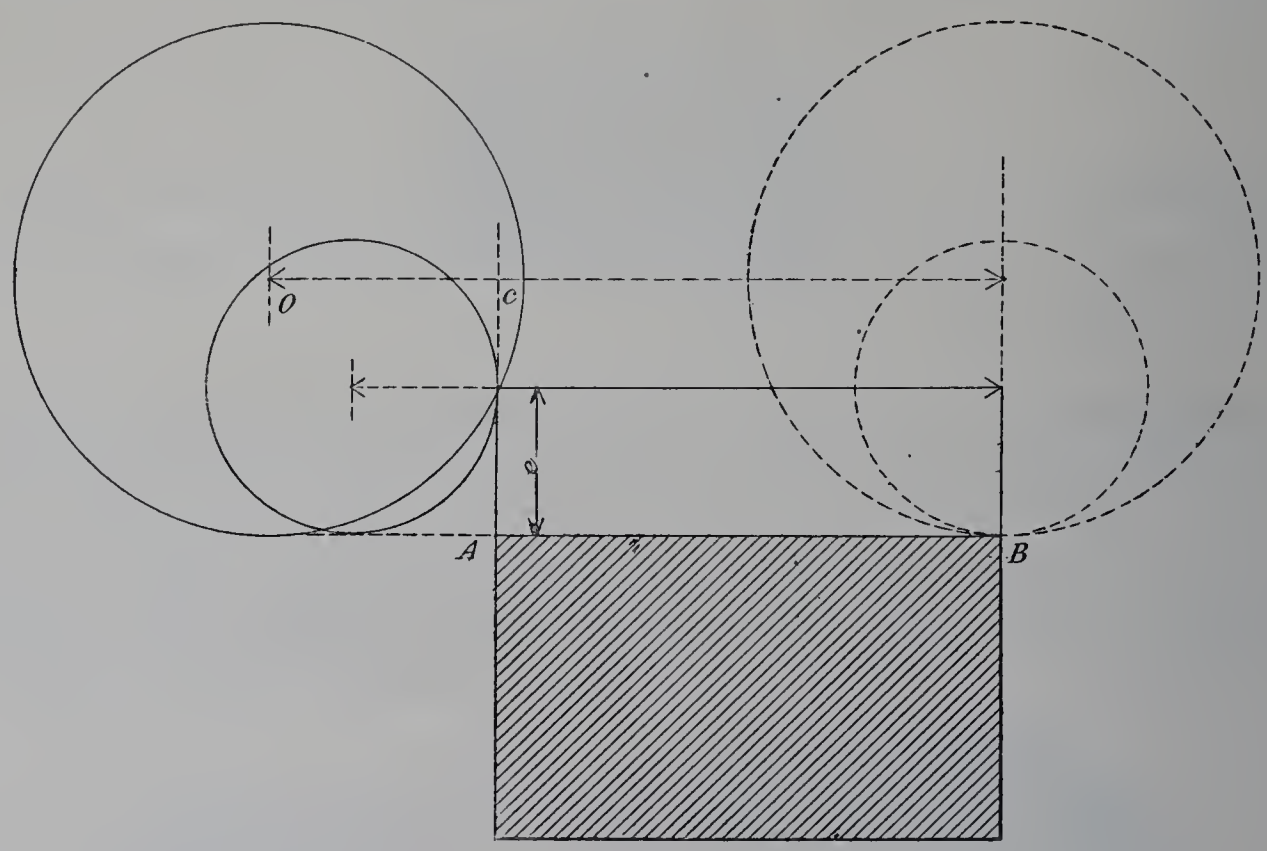


Fig. 133.

moins la course totale sera longue; en outre, plus le diamètre de la fraise est grand, plus l'arc parcouru par chaque dent dans le métal est long; le frottement est donc plus considérable avec une grosse fraise qu'avec une petite et l'avance ne peut pas être aussi forte.

Mais ce diamètre a lui-même une limite inférieure qui tient d'abord aux conditions de construction et de montage, et encore à la longueur sur laquelle la fraise peut être engagée. On conçoit en effet que, pour assurer la stabilité de la fraise, pour lui permettre de résister aux vibrations et aux effets de la torsion, il y ait, toutes choses égales d'ailleurs, une limite de longueur que, pour un diamètre donné, on ne doit pas dépasser. M. Desgranchamps donnait quatre fois le diamètre comme longueur pouvant être utilisée sur ses fraises verticales à denture hélicoïdale; les différents spécimens de fraises qui étaient exposés et expérimentés en 1900 sur les machines les plus puissantes permettent de considérer comme une limite extrême ce rapport de 1 à 4 entre le diamètre et la longueur utile des fraises.

Confection des fraises. — La confection des fraises demande beaucoup de soin et de méthode et exige l'emploi d'aciers d'excellente qualité et d'une homogénéité parfaite. La pièce, après avoir été tournée au profil convenable, est montée sur une machine à tailler qui découpe les dents à l'aide d'un papillon établi au profil des vides; elle est ensuite trempée et subit les rectifications nécessaires pour assurer un montage rapide et uniforme, un travail régulier et une coupe convenable. Les fraises de petit diamètre sont munies d'une queue conique qui s'engage dans un cône de même angle de l'arbre porte-fraise; les fraises de plus grand diamètre sont percées d'un trou et montées sur mandrin; dans les premières, on commence par rectifier la queue par rapport à l'axe, puis les dents par rapport à ce même axe ou mieux par rapport au cône; ensuite on donne l'angle de coupe sur une machine à affûter en déterminant à la meule d'émeri une facette de coupe sur le dessus de la dent; dans les secondes, on commence par rectifier le diamètre du trou par rapport à l'extérieur et les tranches sur lesquelles les rondelles de serrage viennent prendre appui; ensuite, après avoir mis les dents au rond, on en affûte le dessus. Il est indispensable, pour assurer la durée de l'outillage et la propreté du travail, d'avoir des surfaces parfaitement lisses et exemptes de coups d'outil sur les faces et le dos de la dent, dans les parties qui frottent sur le métal; on doit donc, surtout pour les fraises plus spécialement destinées aux travaux de finissage, polir l'intérieur des dents à la meule d'émeri ou de cuivre. Lorsque ensuite, dans le cours du travail, la fraise commence à ne plus couper, on rafraîchit l'arête coupante en refaisant une facette de coupe à l'aide de la machine à affûter.

Plus que tout autre outil, la fraise demande à être lubrifiée d'abord pour faciliter le glissement et le refroidissement de l'arête coupante, au moment où cette dernière se dégage de la matière, ensuite pour la débarrasser des limailles qui peuvent y rester accrochées et produiraient des arrachements quand elle pénétrerait de nouveau dans le métal. Pour obtenir de bons résultats, il est utile de lancer le liquide, quel qu'il soit : huile, eau de savon, etc., avec force et en abondance, à l'aide d'une pompe incorporée à la machine ou mieux à l'aide d'une canalisation sous pression.

Fraises à profil invariable. — L'affûtage des fraises dont nous nous sommes occupés jusqu'à présent consiste à attaquer à la meule d'émeri le dessus de la dent et à déterminer une facette de coupe; mais, en opérant ainsi, il est difficile de conserver, dans les fraises de forme, le profil voulu à chacune des dents; de plus, après quelques affûtages, la facette de coupe s'élargit et devient susceptible de talonner sur l'arc entaillé; la fraise doit alors être mise au rebut, ou tout au moins retaillée, si son diamètre est encore assez grand.

Depuis 1864, MM. Brown et Sharpe emploient un type de fraises à profil, connu sous le nom de fraises de forme américaines, qui, par sa nature, ne présente pas les inconvénients signalés ci-dessus; ils l'ont d'abord utilisé à la construction des dents d'engrenages, puis, en raison de ses avantages, à la construction de pièces quelconques; ce genre d'outils a été rapidement adopté par la plupart des constructeurs américains

et, depuis quelques années, son emploi s'est considérablement développé en Europe; aussi nous croyons utile d'entrer dans quelques détails à ce sujet.

Dans les fraises de forme américaines, la tangente à la courbe du dessus de la dent fait en chaque point un angle constant avec le rayon; cet angle est égal au complément

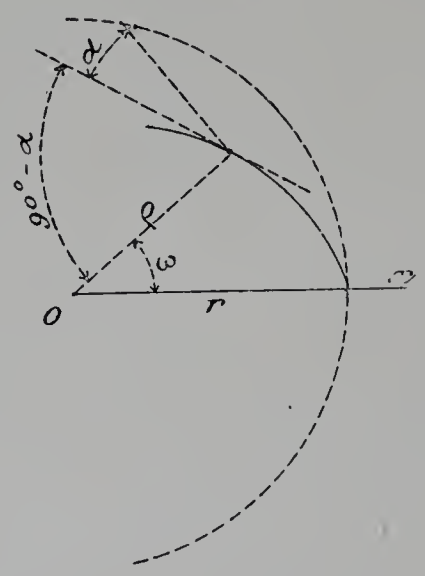


Fig. 134.

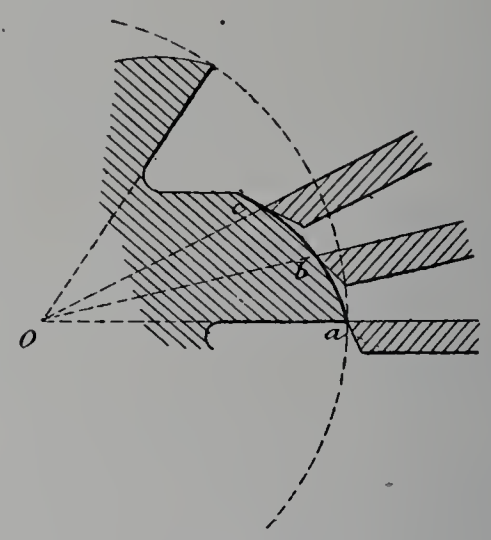


Fig. 135.

de l'angle d'incidence α, qui convient au métal à fraiser. Si r est le rayon au sommet de la dent, ρ le rayon en un point quelconque, ω l'angle que fait le rayon en ce point avec le rayon au sommet de la dent, on a par construction (fig. 134) :

$$\rho \frac{d\omega}{d\rho} = -\operatorname{tang}(90^\circ - \alpha);$$

d'où

$$\rho = re^{-\frac{\omega}{\operatorname{tang}(90^\circ - \alpha)}},$$

c'est-à-dire que le profil du dessus de la dent est un arc de spirale logarithmique.

Le dessus de la dent est obtenu au moyen d'un couteau dont la section dans le plan supérieur affecte la forme du profil à reproduire et qui vient successivement présenter sa tranche dans le plan diamétral de la fraise à l'extrémité de chacun des rayons *oa, ob, oc,* etc. (fig. 135). Ensuite, en affûtant toujours sur le devant de la dent suivant le plan diamétral, on obtient invariablement le même profil, celui du couteau qui a taillé la fraise, et l'angle d'incidence reste constant par construction. De plus, la dent peut être affûtée jusqu'à ce qu'il ne reste plus que l'épaisseur strictement nécessaire pour résister à l'effort du travail et être utilisée, sans retaillage, sur la plus grande partie de son épaisseur.

Pour construire la fraise (fig. 137), on opère de la façon suivante : après avoir tourné la pièce au profil voulu, on fait sur une machine à diviser les saignées *bc;* puis, on monte la fraise sur l'arbre d'un tour spécial (Reinecker, Ducommun, Société Alsacienne, Hendey, etc.) ou d'une machine spéciale (Brown et Sharpe), qui n'est autre qu'une machine à fraiser horizontale disposée pour l'opération, et on fixe sur le chariot un couteau de forme présentant dans le plan S*n* le profil à reproduire. Alors, en même

temps que la fraise tourne, le couteau avance en se dirigeant vers le centre, de telle façon que son taillant découpe l'arc de spirale *ab;* lorsque le point *b* est passé en S, le couteau se retire brusquement pour recommencer le même travail sur la dent suivante.

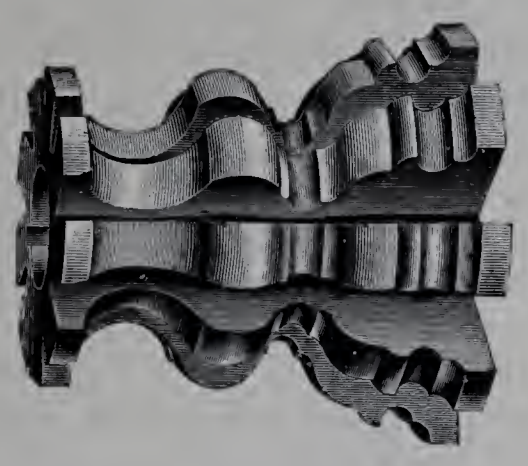


Fig. 136. — Fraise à profil invariable.

Le mouvement d'avance du couteau est obtenu par le glissement l'une sur l'autre de deux rampes annulaires, l'une qui, commandée par le mouvement de rotation de la fraise, ne peut que tourner et fait une révolution pendant que la fraise tourne d'une dent, l'autre qui ne peut qu'avancer ou reculer et qui est reliée au chariot. Le contact des deux rampes est assuré par un ressort à boudin. L'arc de spirale du dessus de la dent se fait progressivement et le serrage se donne à la main.

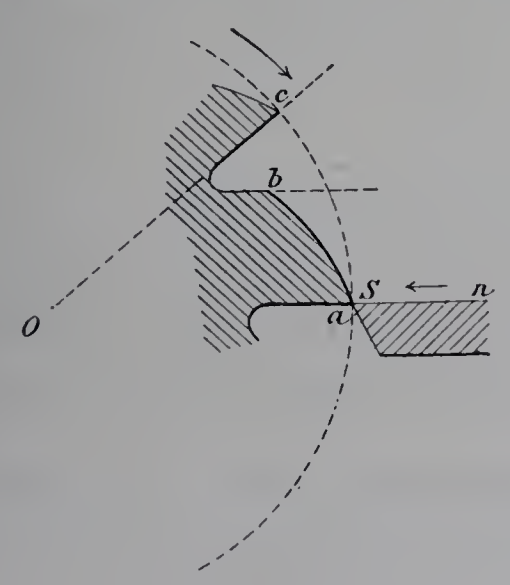


Fig. 137.

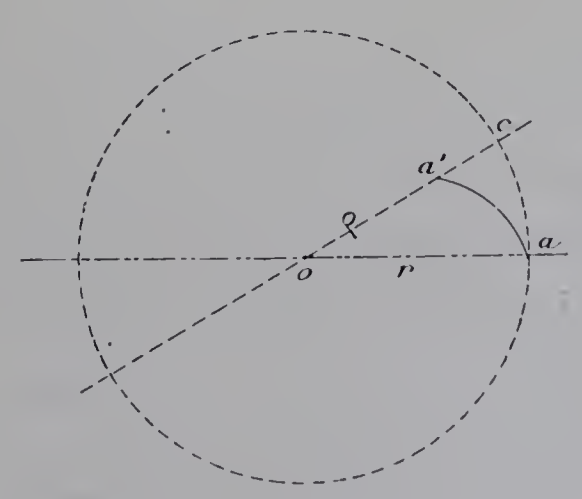


Fig. 138.

Théoriquement, l'arc *ab* devrait être un arc de spirale logarithmique; les rampes devraient donc être taillées de façon que pour une rotation ω de la fraise ou $z\omega$ de la rampe, z étant le nombre de dents, l'outil avance de la différence des rayons

$$r - \rho = r\left(1 - e^{-\frac{\omega}{(\tang 90^\circ - \alpha)}}\right).$$

Dans la pratique, on peut se contenter de faire $r - \rho$ proportionnel à ω, ce qui revient à substituer à l'arc de spirale logarithmique un arc de conchoïde de spirale

d'Archimède; les rampes ont alors une inclinaison constante et deviennent d'une construction facile; l'erreur qui en résulte pour l'angle de coupe n'atteint généralement pas 20′.

Soient aa' (fig. 138) la courbe du dessus de la dent et z le nombre des dents de la fraise. On donnera à aa' la forme d'une courbe $r - \rho = K\omega$ passant par les points a et a' de l'arc de spirale logarithmique, c'est-à-dire telle que pour

$$\omega = 0, \ \rho = r$$

et pour

$$\omega = \frac{2\pi}{z},$$

$$aa' = r - \rho = K\frac{2\pi}{z} = r\left(1 - e^{-\frac{2\pi}{z \operatorname{tang}(90^\circ - \alpha)}}\right):$$

d'où

$$K = \frac{zr}{2\pi}\left(1 - e^{-\frac{2\pi}{z \operatorname{tang}(90^\circ - \alpha)}}\right).$$

L'équation de cet arc sera donc :

$$r - \rho = \frac{zr}{2\pi}\left(1 - e^{-\frac{2\pi}{z \operatorname{tang}(90^\circ - \alpha)}}\right)\omega$$

ω variant de 0 à $\frac{2\pi}{z}$, et le pas qu'on devra donner aux rampes sera

$$r\left(1 - e^{-\frac{2\pi}{z \operatorname{tang}(90^\circ - \alpha)}}\right).$$

Le pas des rampes dépend donc du rayon r de la fraise et de l'angle $\Omega = \frac{2\pi}{z}$ correspondant à une dent, c'est-à-dire du nombre z des dents; mais on peut disposer d'une certaine latitude sur la valeur de l'angle d'incidence, une différence de 1 à 2 degrés est sans importance, et finalement un petit nombre de jeux de rampes suffit pour la plupart des cas qui se présentent dans la pratique.

Nous avons vu que les dents des fraises à profil invariable s'affûtaient sur le devant, en ayant soin de faire toujours passer la face par l'axe de la fraise. Cette condition est nécessaire pour reproduire invariablement le profil pour lequel l'outil a été construit; elle sera satisfaite si l'axe du mandrin, sur lequel est montée la fraise, se trouve dans le plan de la meule qui affûte. Mais il faut de plus, pour que toutes les dents travaillent également, que la meule d'affûtage découpe dans le profil de chacune d'elles des sections telles que leurs arêtes se trouvent à égale distance du centre et appartiennent à une même surface de révolution ayant pour axe l'axe de la fraise. Différentes machines dont nous nous occuperons dans le chapitre relatif aux machines à meuler permettent d'obtenir facilement ce résultat.

Les fraises en question permettent d'utiliser, pour leur affûtage, la plus grande partie de l'épaisseur de leurs dents; il est avantageux d'employer à leur construction un

couteau qui lui-même présente invariablement le même profil après un affûtage simple, un meulage parallèle à la base, et permette de construire facilement un certain nombre de fraises identiques.

Pour donner à ce couteau son profil, on peut se servir d'une fraise, mais outre que cette fraise ne servira qu'une fois, elle devra avoir comme section, non le profil même à reproduire, mais la projection de ce profil sur un plan incliné de l'angle d'incidence du couteau; il semble préférable d'obtenir le profil du couteau par rabotage à l'aide d'un contre-couteau P′ dont l'arête coupante présente dans le plan CD parallèle à la base AB du couteau P, le profil de la dent de la fraise à construire. Après avoir ébauché ce couteau, on le rectifie à l'aide du contre-couteau, qui se déplace parallèlement à AB, suivant la droite bB; ensuite, en affûtant le couteau P parallèlement à sa base AB, on aura dans les plans ab, $a_1 b_1$, $a_2 b_2$, constamment le même profil.

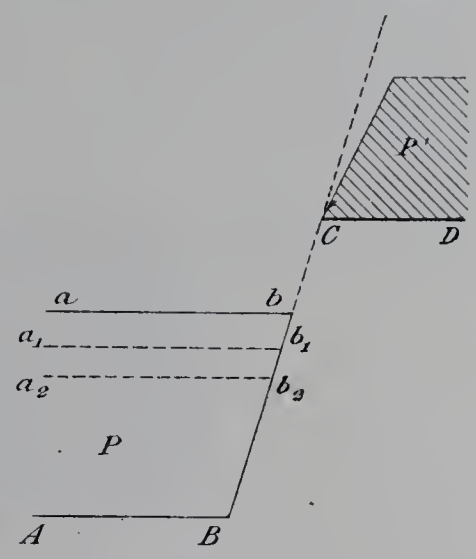


Fig. 139.

Dans ces conditions, si t est le nombre de pièces qu'une fraise peut confectionner par affûtage, x le nombre d'affûtages qu'une fraise peut supporter, y le nombre de fraises qu'un couteau peut tailler, un contre-couteau, dont l'arête présentera le profil de la pièce à fraiser, permettra de reproduire mécaniquement $t \times x \times y$ pièces semblables, sans qu'on soit entraîné à des retouches à chaque taille et à chaque affûtage.

Pratiquement, dans la fabrication des pièces d'armes par exemple, on peut faire : $t = 1000$, $x = 40$, $y = 20$, c'est donc 800,000 pièces qui pourront être confectionnées au moyen d'un seul contre-couteau.

Toutefois ce genre de fraises exige certaines conditions d'emploi : les dents sont toujours assez espacées, d'abord pour permettre à la meule d'affûtage de passer dans leur intervalle, ensuite pour pouvoir utiliser la plus grande largeur possible dans les affûtages; aussi, pour travailler dans de bonnes conditions, les fraises doivent-elles être engagées sur une certaine hauteur et, comme par construction elles n'ont pas d'hélice, il y a lieu, pour éviter les effets des vibrations, de les faire travailler aussi près que possible du tourillon de l'arbre porte-fraise, sur des machines puissantes, ramassées et stables; de plus, le mandrin porte-fraise doit être aussi court que possible, d'un assez fort diamètre et soutenu de près, et c'est pour augmenter la rigidité de l'ensemble qu'on relie le support de contre-pointe au bâti et à la potence; enfin la pièce à fraiser doit être serrée dans un étau robuste.

M. Reinecker construit souvent ses fraises à profil invariable avec une denture hélicoïdale; cette disposition permet d'éviter les à-coups sur la machine et diminue le travail consommé par l'outil; elle offre, en outre, l'avantage de mettre dans de meilleures conditions de coupe les portions de profil qui se rapprochent de la normale à l'axe.

Dans ces conditions, le profil de la dent dans le plan normal à l'axe est composé d'un arc de spirale formant le dos et d'une droite perpendiculaire à l'axe formant le flanc, mais l'arête coupante est déterminée par l'intersection d'une surface de vis à filet carré et d'une surface de révolution autour de l'axe ayant comme section méridienne le profil à reproduire; les fraises de cette nature ne peuvent être fabriquées à l'aide d'un couteau de forme, il faut faire usage d'un reproducteur et construire la courbe par points, à l'aide d'un outil dont la succession des points d'attaque sur chaque dent forme l'hélice; M. Reinecker emploie, à cet effet, son tour spécial à donner la dépouille dont il a été question dans le chapitre relatif aux tours. Quant à l'entaille des dents, elle peut être donnée sur un tour permettant de reproduire les pas allongés, ou même à l'aide d'une machine à fraiser universelle. Ensuite, à l'affûtage, on reproduira toujours la même forme, en coupant la surface du dos de la dent par des surfaces de vis à filet carré de

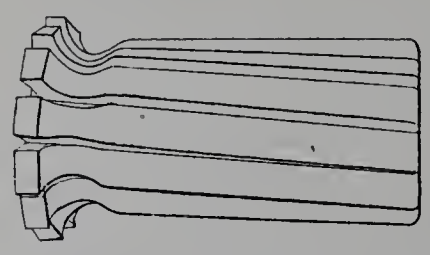


Fig. 140. — Fraise à profil invariable et denture hélicoïdale.

même pas; on se sert, dans ce but, d'une machine à affûter dont la meule est inclinée dans le sens de l'hélice, en même temps que la fraise reçoit le mouvement hélicoïdal; toutefois le procédé n'est qu'approximatif, car la meule, qui a un certain diamètre, représente une portion de plan, et tout plan, même tangent, coupe une surface hélicoïdale; mais le pas étant toujours suffisamment allongé, l'erreur qui en résulte est peu sensible.

M. Reinecker construit également des fraises cylindriques à hélice et à profil invariable; ces fraises, en raison de l'espacement de leurs dents et de l'hélice qu'elles possèdent, peuvent être engagées sur une grande profondeur et effectuer des travaux puissants. Il y a lieu de remarquer que, dans ce cas, on peut donner à la face de la dent un angle de dégagement qui facilitera la coupe de l'outil, sans qu'il en résulte une variation dans le profil à reproduire.

2° FRAISES EN BOUT.

Dans le travail en bout, les fraises restent engagées dans la matière pendant la totalité ou tout au moins la majeure partie de leur révolution; leur action est donc continue; mais, par contre, les copeaux se dégagent difficilement et produisent des arrachements dans la matière; de plus, le lubrifiant éprouve quelque difficulté à pénétrer jusqu'à l'arête coupante et à la refroidir; enfin les dents taillées en bout ne travaillent que par l'extrémité de leurs rayons; leurs flancs, au fur et à mesure qu'ils s'approchent

du centre, tournent de moins en moins vite et ne font que frotter, en produisant des stries sur la surface déjà fraisée. Pour toutes ces raisons, il n'y a qu'avantage à espacer les dents et à les réduire à une simple arête coupante limitée à la périphérie de la fraise.

L'outil le plus simple rentrant dans cette catégorie comprend souvent deux burins diamétralement opposés, montés sur une même tige; dans le même ordre d'idées, la maison Ducommun construit des fraises en bout formées d'un plateau sur lequel sont rapportés des outils de tour; ces burins peuvent être formés de bouts de barre profilés à la forme triangulaire et obliques par rapport au plan de la tranche, de manière à avoir

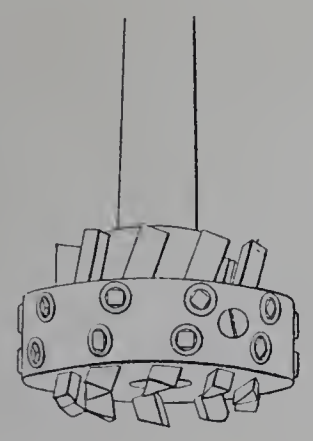


Fig. 141. — Fraise à burins.

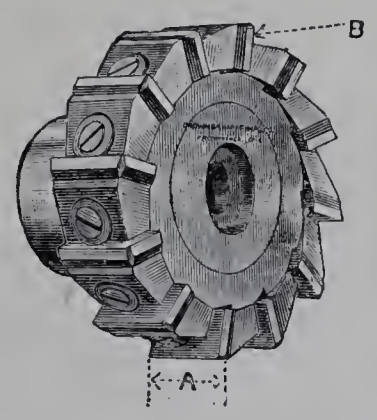


Fig. 142. — Fraise en bout à dents rapportées

de la coupe en bout et latéralement. Les lames rapportées, dont il a été précédemment question à l'occasion des fraises latérales, offrent également un procédé commode de construction de fraises bien disposées pour le travail en bout.

Pour les grands diamètres, MM. Droop et Rein font la fraise en bout en une barre d'acier plat, qu'ils enroulent à chaud et dont ils taillent la couronne en forme de dents;

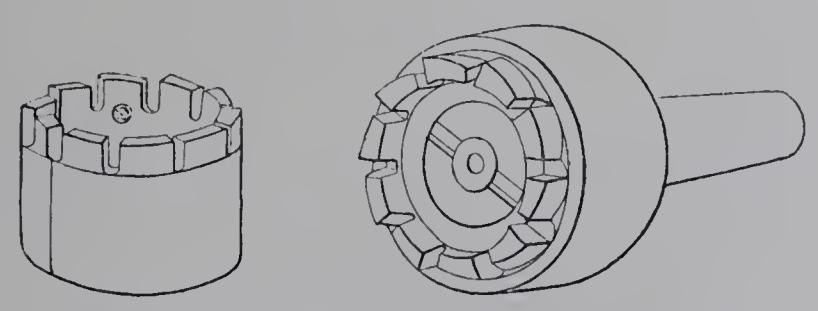


Fig. 143. — Fraise en bout Droop et Rein.

l'anneau ainsi formé est ensuite monté sur un mandrin qui forme la tige de la fraise.

La Maschinenfabrik Pekrun fait ses fraises en forme de coupelle obtenue par un matriçage à chaud; les bords sont taillés en forme de dents à profil constant, qu'on affûte ensuite sur le devant.

Quel que soit le procédé employé, il y a avantage à utiliser des fraises d'un diamètre supérieur à la largeur de la surface à dresser; on facilite ainsi l'évacuation des copeaux et on évite de revenir sur les parties déjà fraisées.

IMPRIMERIE NATIONALE.

MOUVEMENT DES FRAISES.

Le mouvement relatif des outils de fraisage est la résultante : 1° du mouvement de translation de la pièce ou, exceptionnellement, de la fraise; 2° du mouvement de rotation de la fraise.

S'il s'agit du travail en bout, le sens du déplacement par rapport à celui de la rotation est indifférent, puisque la fraise tourne symétriquement, par rapport à l'avance, et

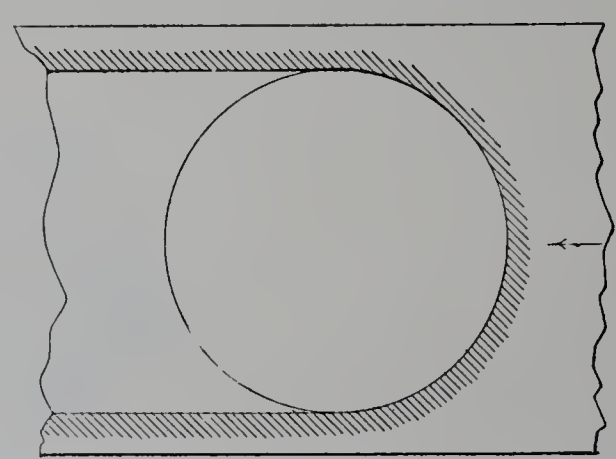


Fig. 144. — Travail en bout.

qu'une portion coupante de la circonférence tourne dans le sens direct du déplacement et la portion opposée dans le sens inverse; dans le cas des fraises latérales, il n'en est

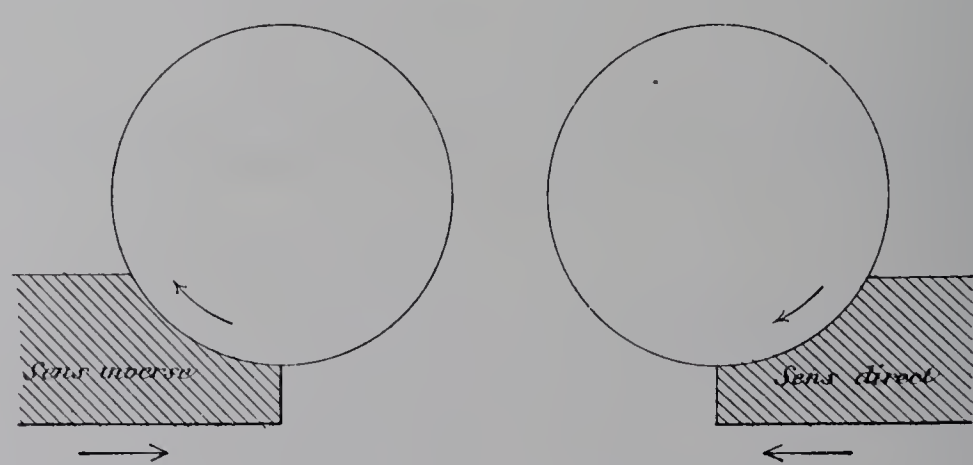


Fig. 145. — Travail latéral.

plus de même et on peut avoir pour le mouvement de translation de la pièce, soit le sens direct du mouvement de la fraise, soit le sens inverse.

La plupart des constructeurs, et parmi eux MM. Brown et Sharpe, recommandent pour le sens du déplacement le sens inverse du mouvement de rotation de la fraise, pour les motifs suivants : la fraise attaque ainsi une surface nette de métal et non une croûte d'oxyde, qui tend à user les dents et rend les affûtages plus fréquents; de plus, la fraise, en tournant dans le sens direct de l'avance, dispose des jeux de la vis et de son écrou pour entraîner le chariot en même temps que la pièce, et produire des oscillations.

D'autre part, certains constructeurs, MM. Pratt et Whitney entre autres, trouvent des avantages au mouvement de déplacement direct, quand il s'agit d'un fraisage extrêmement pénible, quitte à marcher dans le sens inverse pour finir et polir la surface; ils disent qu'en travaillant dans ces conditions ils peuvent augmenter les avances et obtenir un meilleur rendement de l'outil, et c'est précisément pour faciliter cette marche que dans leur fraiseuse horizontale, genre raboteuse, ils munissent l'arbre à vis sans fin de commande du secteur d'écrou du chariot d'une douille ajustable pour le rattrapage de l'usure.

Nous croyons intéressant de résumer à ce sujet la théorie du mouvement des fraises que M. le professeur Hartmann, président du groupe IV à l'Exposition de 1900, expose dans son rapport sur l'Exposition de Chicago, et de la faire suivre des conclusions qu'il en tire dans la question qui nous occupe.

Pour plus de simplicité, supposons fixe la pièce à usiner et donnons à la fraise, en même temps qu'un mouvement de rotation, un mouvement de translation en sens contraire de celui de la pièce. Dans la figure 146 correspondant au sens direct, la fraise tourne dans le sens des aiguilles d'une montre et a, vers la droite, un mouvement d'avance tel que le centre O se déplace avec une vitesse u. Les points N et M se déplacent également avec une vitesse u et sont, de plus, animés d'une vitesse v due à la rotation; au point N, cette vitesse s'ajoute à u et se retranche au point M, en sorte que la vitesse de N est, vers la droite, $u+v$ et la vitesse de M, vers la gauche, $u-v$. Les trois extrémités des droites qui figurent les vitesses des points N, O, M se trouvent sur une ligne droite, et le point d'intersection P de cette ligne avec la droite NM est le point du diamètre NM qui, à l'instant considéré, a une vitesse nulle. Si les vitesses restent constantes, P reste constamment à la même distance de O et le mouvement relatif de la fraise et de la pièce peut être considéré comme engendré par le roulement du cercle P sur la droite HH'; les extrémités des dents des fraises décrivent des cycloïdes allongées, dont les portions à faible rayon de courbure se trouvent dans la pièce à travailler (fig. 146, à droite).

Dans la figure 147, correspondant au sens inverse, la fraise tourne en sens inverse des aiguilles d'une montre, en même temps qu'elle possède un mouvement de translation vers la droite; le point P, ainsi que la ligne HH', se trouvent alors au-dessus du centre O et, dans ce cas, les extrémités des dents décrivent, comme précédemment, des cycloïdes allongées, mais ici ce sont les portions d'arc de cycloïde à plus grand rayon de courbure qui se trouvent dans la pièce à travailler (fig. 147, à droite).

Il est facile de déterminer le rayon du cercle roulant. Si l'on appelle u l'avance et n le nombre de tours de la fraise à la minute, δ le diamètre du cercle roulant, on a la relation :

$$\delta \pi n = u,$$

d'où

$$\delta = \frac{u}{\pi n}.$$

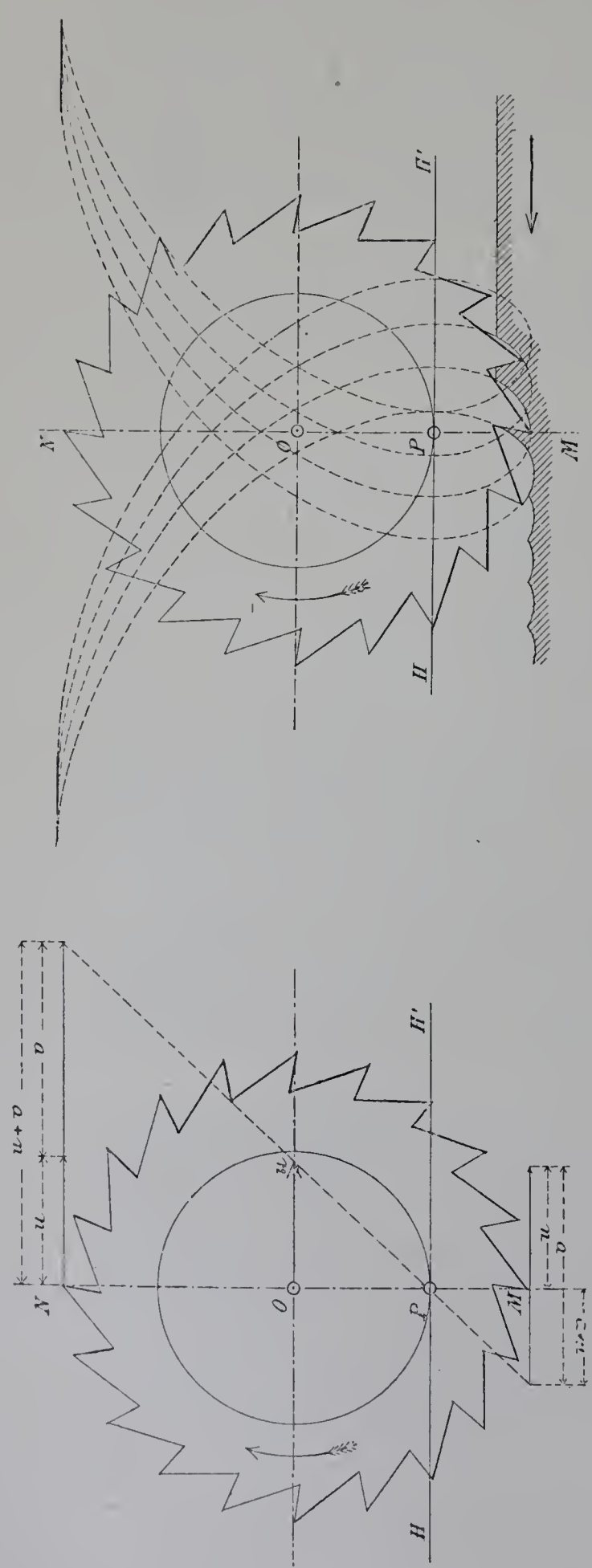


Fig. 146. — Sens direct.

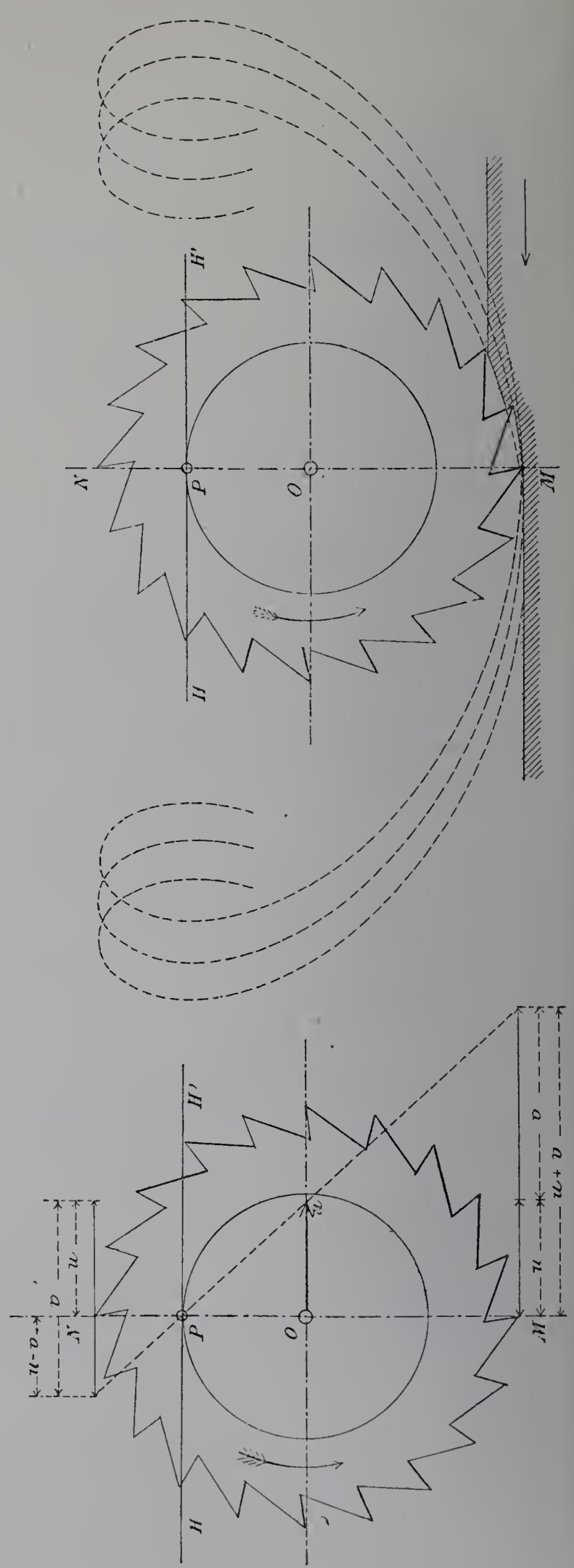


Fig. 147. — Sens inverse.

Pour une avance $u = 40$ millimètres, avec une fraise de 60 millimètres de diamètre, développant 12 mètres et faisant, par conséquent, 66 tours à la minute, on a :

$$\delta = 0^{mm},2.$$

Le diamètre du cercle roulant est donc toujours très petit, et les dents de la fraise décrivent une cycloïde très voisine d'une circonférence; il ne faut donc pas perdre de vue que, dans les figures 146 et 147, qui représentent le mouvement des dents de la fraise, les proportions ont été altérées et que, dans la pratique, les surfaces engendrées par les dents ne sont pas très différentes dans les deux cas.

Dans le premier cas, la fraise engendre non pas une surface plane, mais une surface vallonnée formée d'arcs de cycloïde à faible rayon de courbure; dans le deuxième cas, les ondulations sont de moindre hauteur; mais il y a lieu de tenir compte de la remarque que nous venons de faire et, en réalité, les surfaces engendrées ne sont pas très différentes. D'ailleurs, si nous reprenons l'hypothèse précédente et si nous supposons que la fraise a 15 dents espacées, par conséquent, de 12 millimètres de l'une à l'autre, l'intervalle de deux vallonnements est $\frac{\delta\pi}{z} = \frac{0,2 \times 3}{15} = 0^{mm},04$, ce qui donne à l'œil l'aspect d'une surface plane.

Dans le sens direct, la dent attaque d'abord une forte épaisseur de métal qui va en s'amincissant jusqu'à devenir nulle; dans le sens inverse, c'est le contraire qui se produit; mais, même avec les plus fortes avances, l'épaisseur du copeau dépasse rarement $0^{mm},5$ à $0^{mm},6$, et on ne peut rien conclure de là sur le sens de la rotation de la fraise.

Ainsi que nous l'avons déjà fait observer, dans le cas de la figure 146 (droite), la fraise agit sur la pièce dans le sens du mouvement d'avance et dispose des jeux du mécanisme d'avance qu'on n'aurait pas pris le soin de combattre, pour attirer à elle la pièce et le chariot et produire des oscillations; dans le cas de la figure 147 (droite), au contraire, la fraise agit à l'opposé de l'avance et tend à pousser constamment la pièce à travailler sur la vis du mécanisme d'avance, en sorte que les oscillations sont moins à craindre.

Enfin, avec le premier mode de travail, chaque dent de fraise entre droit dans la matière, à la façon d'un burin; avec le deuxième, une dent commence par glisser sur la voie tracée par la précédente, s'élève d'une petite quantité et hésite avant de commencer à attaquer la matière, aussi les arêtes coupantes ont une tendance à s'émousser et les marques des dents sont peut-être plus fortes que dans le premier cas. C'est d'ailleurs un des principaux arguments qu'invoque M. Frank Richards, un des partisans de l'avance directe.

Quoi qu'il en soit, on ne peut pas déduire des considérations précédentes le sens du mouvement le plus favorable; l'expérience seule est susceptible de vider définitivement le débat; quant à présent, on ne peut que noter la tendance générale à adopter la marche en sens inverse pour les motifs exposés au début de ce paragraphe; de plus,

nous avons vu qu'en général les partisans du sens direct en limitaient l'emploi aux travaux pénibles. Toutefois il est certains cas où, sans aucun doute, le sens direct doit être préféré, par exemple lorsqu'on a à craindre le soulèvement de la pièce par la fraise, ou encore lorsqu'on découpe des maquettes avec une fraise mince ou une scie, dont on évite ainsi l'engorgement et la tendance à fouetter.

Si maintenant nous reprenons, pour le travail des fraises en bout, la théorie de M. le professeur Hartmann, nous voyons (fig. 148) que si la fraise tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, en même temps qu'elle se déplace vers la droite, la

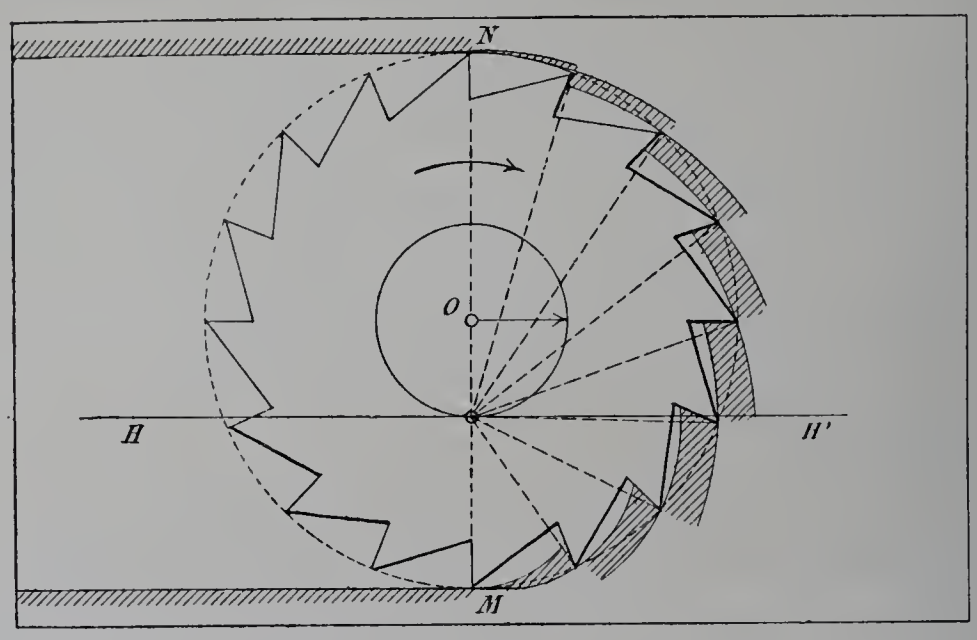


Fig. 148.

droite HH' sera au-dessous de O; en N, on sera dans le cas de la figure 146 et, en M, dans le cas de la figure 147.

Si la fraise tourne en sens inverse, l'avance restant la même, la droite HH' sera au-dessus de O et le cas de chacun des points N et M sera inversé.

Le sens de rotation de la fraise est ici complètement indifférent, ainsi qu'il était facile de le prévoir.

VITESSE DES FRAISES.

Nous avons jusqu'à présent cherché à tirer de l'ensemble de l'Exposition les conditions à remplir dans l'établissement des fraises : nous avons successivement étudié, en vue des meilleurs résultats à obtenir, le diamètre des fraises, le nombre des dents, leur forme et leur hélice et le sens de leur mouvement. Bien que les règles auxquelles nous sommes arrivés n'aient rien d'absolu, nous avons cependant pu apercevoir quelles paraissaient être les tendances actuelles des constructeurs. Il nous resterait à déterminer maintenant les vitesses qui paraissent les plus avantageuses dans chacun des cas qui se présentent dans la pratique; mais il est tout d'abord hors de doute que, sur une même machine, ces vitesses doivent varier avec la nature de la matière à travailler, l'épaisseur du métal à enlever, la longueur sur laquelle la fraise est engagée, le but qu'on recherche,

suivant qu'on a en vue d'enlever rapidement une grande quantité de matière ou d'obtenir une pièce bien coupée, polie et précise; de plus, la nature de la machine et les détails de sa construction interviennent pour influer sur le rendement de l'outil.

Il ne nous paraît pas possible de dégager, de ce que nous avons vu ou lu à ce sujet, des règles nettes et précises, nous ne pouvons que relater les résultats d'une série d'expériences se rapportant à des conditions de travail déterminées sur des machines appartenant à des types connus.

MM. Brown et Sharpe admettent en travail courant :

Dans l'acier et le fer, une vitesse circonférentielle de 12 mètres, une avance de 40 millimètres, sur une profondeur de 1^{mm}, 5;

Dans la fonte, une vitesse circonférentielle de 15 mètres, une avance de 40 millimètres, sur une profondeur de 5 millimètres;

Dans le bronze, une vitesse circonférentielle de 25 mètres, une avance de 40 millimètres, sur une profondeur de 2 millimètres.

M. Géo Addy donne comme vitesses normales pour des fraises de 150 millimètres de diamètre et au-dessus :

	DÉVELOPPEMENT DE LA FRAISE à la minute. — mètres.	AVANCE À LA MINUTE. — millimètres.
Acier	11	13
Fer forgé	15	25
Fonte	18	30
Cuivre	36	55

M. Reinecker donne des règles qui peuvent se traduire ainsi :

	DÉVELOPPEMENT DE LA FRAISE à la minute. —	AVANCE À LA MINUTE. —
Acier et fonte	$15^{m},7$	15^{mm} à 30^{mm}
Fer forgé	$15^{m},7$ à $18^{m},9$	15^{mm} à 30^{mm}
Bronze ou cuivre	$25^{m},1$ à $31^{m},4$	50^{mm}

Enfin nous citerons les conditions moyennes du travail dans les manufactures d'armes françaises sur l'acier mi-dur :

1° Travaux d'ébauchage : épaisseur du métal enlevé, $1^{mm},5$ à 2^{mm}; diamètre moyen des fraises, 60 millimètres; développement, de 12 à 16 mètres; avance, de 20 à 40 millimètres.

2° Travaux de finissage : épaisseur du métal enlevé, de $0^{mm},2$ à $0^{mm},5$; diamètre moyen des fraises, souvent à axe vertical, 30 millimètres; développement, de 20 à 30 mètres; avance, de 45 à 60 millimètres. La précision obtenue peut atteindre 1/20e de millimètre.

Dans certaines conditions favorables et, en particulier, dans le travail de la fonte, on peut avoir des vitesses bien plus considérables. Ainsi, à Vincennes, sur une machine

Ingersoll à fraiser horizontale, genre raboteuse, une fraise à boutons de 100 millimètres de diamètre était engagée dans la fonte sur 6 millimètres d'épaisseur et 400 millimètres de longueur, et développait de 9 à 10 mètres avec une avance de 107 millimètres à la minute, en sens inverse du mouvement de la fraise. Sur la machine à tailler les engrenages Brown et Sharpe, dont il sera question plus loin, une fraise à profil invariable et à grosse denture développait 18 mètres, découpait dans une roue en fonte des entailles de 25 millimètres de profondeur sur 10 millimètres de largeur, avec une avance pratique de 150 à 200 millimètres, que nous avons vu exceptionnellement porter à 600 millimètres sans que la machine parût en souffrir.

D'autre part, dans le travail des aciers durs ou des aciers trempés, le développement et l'avance doivent être diminués; nous citerons à ce sujet une fraise en service à la manufacture de Tulle pour le travail des aciers à 25 p. 100 de nickel : elle prend 2 millimètres d'épaisseur de matière sur une longueur de 110 millimètres; le développement a dû être abaissé à 4 mètres et la pièce qui est montée sur un montage rotatif, de façon à recevoir une forme cylindrique, a une avance circonférentielle de 5 millimètres à la minute.

Il résulte de tout ce qui précède que les règles que nous avons citées ne sont que des indications qui ne peuvent servir que de première approximation; dans chaque cas particulier, il faut rechercher les conditions les plus avantageuses en tenant compte de la machine, de l'outil, de la matière à travailler, de la longueur et de la hauteur sur lesquelles la fraise est engagée, et nous terminerons en citant cette judicieuse observation de MM. Brown et Sharpe pour arriver à déterminer le meilleur rendement : augmenter l'avance et la vitesse jusqu'à ce que la machine commence à souffrir, et nous ajouterons : ou jusqu'à ce que la qualité du travail commence à ne plus être acceptable; puis abaisser ces deux éléments jusqu'à ce que tout marche normalement. Ce moyen nous paraît être, dans l'état actuel de la question, le seul qui permette d'obtenir le maximum de rendement.

CHAPITRE VIII.

MACHINES À SCIER LES MÉTAUX.

Division des machines à scier les métaux. – Scies circulaires; scies à ruban; scies alternatives.

DIVISION DES MACHINES À SCIER LES MÉTAUX.

Nous trouvons comme machines à scier les métaux à froid les mêmes types qui figuraient déjà à l'Exposition de 1889 et que nous rencontrerons d'ailleurs dans le sciage des bois, savoir :

1° Les scies circulaires, dont l'outil est un disque circulaire denté sur son pourtour;

2° Les scies à ruban sans fin, dont l'outil est une lame mince dentée sur son bord et formant un ruban continu s'enroulant sur deux grandes poulies;

3° Les scies alternatives, dont la lame, analogue à la précédente, mais d'une longueur limitée, est animée d'un mouvement alternatif de va-et-vient et ne coupe que pendant une moitié de la période de mouvement.

Scies circulaires. — Les scies circulaires ne sont autre chose que des fraises étroites; mais ici, un assez grand nombre de dents sont toujours en prise dans la matière et leur écartement ne doit dépendre que de la quantité de copeaux à loger; de plus, l'épaisseur du disque doit être plus grande à l'extérieur que près du centre, de façon à diminuer le frottement autant que possible.

Les scies circulaires de petit diamètre conviennent à des opérations qui rentrent dans le travail de fraisage et peuvent être montées sur des machines à fraiser ordinaires; les scies de grand diamètre ont principalement pour but le sectionnement des tubes, des profilés, des barres, etc., et exigent l'emploi de machines spéciales.

Les machines de M. Huré sont excessivement simples. Elles se composent d'un bâti en fonte qui supporte une table à rainures pour fixer la pièce et un levier articulé porte-scie; la scie travaille par le poids du levier qui est pourvu d'une vis servant à limiter la course ou à régler l'avancement de la scie quand on coupe des sections minces; elle reçoit sa commande de l'arbre autour duquel elle articule par poulie, roues d'angle, roue et vis sans fin du système globique. Dans un modèle plus complet, la table montée d'équerre sur un chariot horizontal peut être inclinée sous tout angle et permet de déplacer la barre pour faire plusieurs coupes parallèles entre elles.

Les machines universelles de M. Molé, construites par MM. Sculfort et Fockedey, ont leur table mobile autour d'un axe vertical, en même temps que le levier articulé porte-scie peut s'incliner à volonté autour de l'horizontale (fig. 149); par la combinaison de ces deux mouvements, le plan de la lame peut prendre toutes les inclinaisons soit sur l'axe de la pièce à scier, soit sur l'horizontale, soit sur les deux à la fois. L'avancement de la scie dans le métal se fait comme dans les machines précédentes par l'oscillation du bras porte-scie autour de son axe; mais ici, la pression exercée par le poids du levier peut être augmentée, pour tenir compte de l'inclinaison de la scie, par l'action d'un ressort qui est enfermé dans un tube et dont on fait varier la tension par la manœuvre de deux volants.

Dans les modèles les plus puissants, la scie est mobile le long du bras et peut recevoir un mouvement d'avance automatique.

La scie automatique exposée par la Q. and C. Company est du système Bryant : la lame est conduite par les dents de son pourtour qui engrènent avec le pignon de commande, en laissant ainsi une plus grande portion de la scie libre pour la coupe. La pièce à travailler est fixe et la scie est animée à la fois d'un mouvement de rotation et d'un mouvement d'avance automatique qui peut être changé instantanément sans arrêter la scie; la vis qui mène le mécanisme d'avance est conduite par un écrou en deux pièces

qui se débraye automatiquement ou qu'on desserre à la main pour produire l'arrêt; le chariot peut alors recevoir un mouvement de va-et-vient par pignon et crémaillère. Dans la machine exposée, la lame de scie a 635 millimètres de diamètre et 6 mm. 3 d'épaisseur et la course du chariot porte-scie est de 660 millimètres.

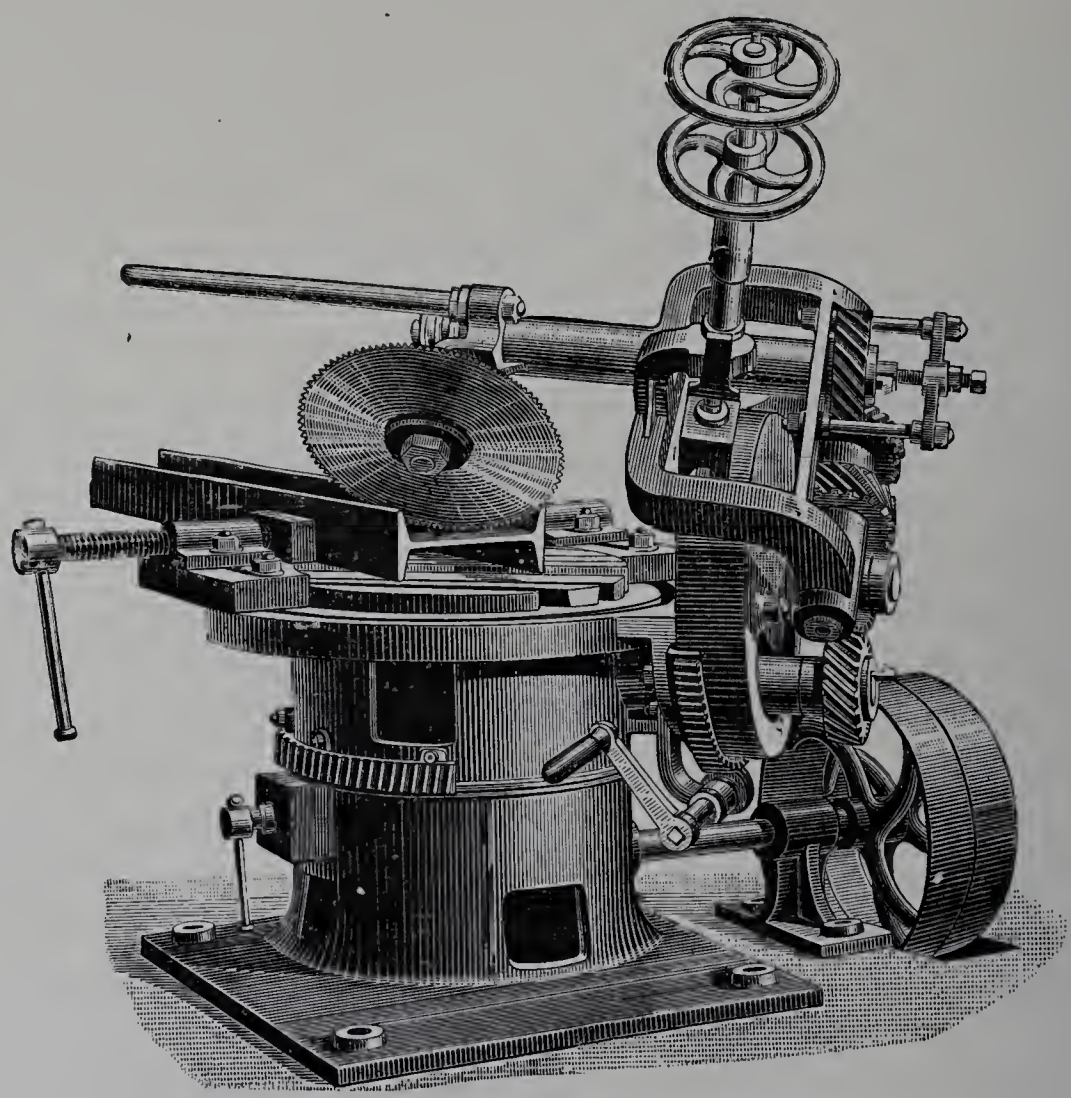


Fig. 149. — Machine universelle à scier les métaux à froid (système Molé).

La même machine peut être montée sur un bâti circulaire qui permet de donner à la scie une inclinaison quelconque par rapport à la pièce à scier.

Scies à ruban. — La nécessité de donner aux scies circulaires une résistance suffisante conduit à leur donner une épaisseur qui ne peut guère descendre au-dessous de 2 mm. 5 pour un diamètre de 250 à 300 millimètres; il résulte de là que la quantité de copeaux produite et le frottement occasionnent une dépense de force qu'on évite en partie par l'emploi des scies à ruban.

L'usage de ces dernières pour le sciage des métaux remonte à 1866 et a été développé surtout par M. Perrin, un des fondateurs des établissements Panhard et Levassor. L'épaisseur des lames doit être en rapport avec le diamètre des poulies sur lesquelles elles s'enroulent; on admet, en général, 1 mm. 4 pour des poulies porte-lame de 1 mètre de diamètre et 2 millimètres pour des poulies de 1 m. 25; quant à la denture

des scies, elle dépend de l'épaisseur des pièces à scier : pour les travaux courants, l'écartement des dents varie de 3 à 6 millimètres, mais, si l'on a à scier des blocs de 40, 50, 60 centimètres de hauteur, l'écartement pourra atteindre 8, 10 et même 15 millimètres. On ne cherchera pas à exagérer la largeur des lames; pour les traits droits, 30 à 35 millimètres pour les petites machines, 40 à 50 millimètres pour les grandes sont des largeurs convenables; pour les traits courbes, la largeur est en rapport avec le rayon de courbure.

La forme des dents est le plus souvent triangulaire; lorsque l'espacement est assez grand, on abat le dessus de la dent; dans tous les cas, l'angle d'incidence est toujours assez fort et varie entre 10 et 30 degrés.

La vitesse de translation de la scie est en général un peu supérieure à la vitesse circonférentielle des fraises et dépend de la nature du métal à scier; plus le métal est dur, et plus la vitesse est réduite; les machines doivent donc être disposées pour permettre les changements de vitesse.

Pour l'acier dur, on admet un développement linéaire de la lame de 40 à 45 mètres par minute; pour l'acier doux, le fer, le bronze dur, 55 à 60 mètres environ; pour le bronze ordinaire, 70 à 75 mètres et davantage pour le cuivre rouge et le zinc. Dans tous les cas, l'outil doit être lubrifié par un fort jet d'eau de savon.

L'affûtage des lames a une importance considérable; cet affûtage s'est longtemps fait à la main dans de mauvaises conditions de qualité et de prix de revient; grâce à l'emploi des machines à affûter, dont il sera question plus loin, l'opération se fait, depuis 1883, sans difficulté.

Les scies à ruban pour métaux sont représentées par trois modèles exposés par MM. Panhard et Levassor et par un spécimen présenté par M. Massey. Les machines en elles-mêmes sont simples; elles se composent d'un fort bâti portant, à la façon des scies à bois, deux poulies sur lesquelles la lame est tendue; elles diffèrent toutefois de ces dernières par l'addition d'un cône qui permet de faire varier la vitesse suivant la dureté du métal à couper et par la table qui porte un chariot dont le mouvement longitudinal est obtenu automatiquement et peut recevoir plusieurs vitesses. La lame tendue sur les poulies est guidée en dessus et en dessous de son travail dans des guides métalliques spéciaux.

Dans le modèle le moins fort de MM. Panhard et Levassor, les poulies porte-lame ont 1 mètre de diamètre et le chariot possède un mouvement longitudinal automatique à plusieurs vitesses; dans un modèle plus puissant, les porte-lame ont 2 mètres de diamètre et la machine possède deux chariots conjugués à mouvement automatique, l'un placé extérieurement, l'autre intérieurement à la lame, ce dernier pouvant être découplé à volonté. Enfin, un troisième modèle est destiné au sciage des très grosses pièces; dans ce cas, c'est la scie qui avance sur la pièce à scier; de plus, le sciage peut se faire aussi bien avec le brin montant qu'avec le brin descendant; une pièce peut ainsi être travaillée à ses deux extrémités sans qu'on ait besoin de la retourner.

La machine de M. Massey rappelle les dispositions du modèle intermédiaire des constructeurs précédents; elle peut scier des épaisseurs de 460 millimètres.

Scies alternatives. — Les scies alternatives à découper les métaux sont représentées par un petit modèle de MM. Panhard et Levassor, généralement employé dans les ateliers de construction de machines pour la confection des calibres en zinc, en cuivre ou en fer et utilisé pour le sciage de divers ornements en métal, par exemple, ceux faits en tôle mince pour la décoration des charpentes métalliques. Cette machine, au point de vue de la rapidité du sciage, n'est pas à comparer avec la scie à ruban, mais elle est indispensable pour les découpages intérieurs; dans ce dernier cas, des trous, en quantité plus ou moins grande selon le dessin à découper, doivent être percés au préalable pour l'introduction de la lame; à cet effet, une petite perceuse peut être ajoutée sur le côté gauche de la scie.

CHAPITRE IX.

MACHINES À TAILLER LES ENGRENAGES DIVERS.

Considérations générales. — I. Machines à tailler les engrenages cylindriques : 1° Machines à tailler les roues à la fraise; *a.* roues à dents droites, machine Brown et Sharpe; *b.* roues à dents droites et hélicoïdales, machine Bouhey; 2° machines à tailler les roues par engrènement, machine Fellow. – II. Machines à tailler les engrenages coniques : 1° Machines à tailler les engrenages coniques à la fraise à profil; 2° Machine à tailler les engrenages coniques à la fraise avec reproducteur, machine de la Rice Gear Company; 3° Machines à raboter les engrenages coniques avec reproducteur, machines d'Œrlikon, du Progrès industriel, de l'usine Bouhey, machine Gleason; 4° Machines à tailler les engrenages coniques sans reproducteur, machine à tailler les engrenages d'angle Smith et Coventry, tailleuse automatique pour pignons coniques hélicoïdaux, système Monneret (Ernault). – III. Machines à tailler les roues à vis sans fin, machine Reinecker. – IV. Machines à tailler les vis sans fin, machine de M. Reinecker à tailler les vis sans fin à la fraise, machine Holroyd à fileter les pas de vis à la fraise, machine à fileter les tire-fond à la fraise (Baker).

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Le développement qu'a pris dans ces dernières années la construction des machines-outils, des tramways électriques, des automobiles, des bicyclettes, etc., qui font usage d'une grande quantité d'engrenages divers tournant souvent à une vitesse énorme, a contribué puissamment à la recherche de moyens rapides de construction correcte de ces organes de transmission de mouvement. L'Exposition de 1900 nous offre une grande variété de procédés différents pour tailler les engrenages cylindriques droits et hélicoïdaux, les engrenages coniques et les vis sans fin, et nous avons pensé qu'en présence de la variété des méthodes, il pouvait être intéressant de les réunir toutes dans un même chapitre.

Le profil des dents à développante qui, pendant longtemps, a été délaissé pour la formée épicycloïdale a repris faveur depuis que les mécaniciens se sont familiarisés avec ses avantages; il est même devenu, ainsi que nous le verrons, le point de départ de

procédés nouveaux de fabrication. Mais alors que, pour la transmission du mouvement entre axes parallèles, la France et la Belgique ont continué à considérer comme nécessaire un certain jeu entre les dents des engrenages ou, supposant que ce jeu devait arriver à se produire par l'usure, ont préféré y remédier tout d'abord par l'adoption d'engrenages hélicoïdaux, les Américains et les Anglais au contraire, bientôt suivis par les Allemands, ont admis l'engrenage droit, taillé correctement et sans jeu, comme offrant tous les avantages des engrenages hélicoïdaux sans en avoir les inconvénients, en particulier, les frottements et les poussées qui en résultent.

En présence du développement que prenait la construction des engrenages, les Américains, frappés des inconvénients de toute sorte et, en particulier, des frais énormes d'outillage qui pouvaient résulter du manque d'unité dans les pas et les dimensions des dents, ont cherché à les uniformiser. Une grande simplification, d'origine mal déterminée, mais probablement anglaise, a consisté à exprimer les pas, en fonction non de la circonférence, mais du diamètre, au moyen du quotient du diamètre primitif par le nombre de dents; le *pas diamétral* et le *pas circonférentiel* sont ainsi dans le rapport de 1 à π et l'on passe facilement de l'un à l'autre; l'adoption de certaines conventions, par exemple que la hauteur de la dent au-dessus du cercle primitif est égale au pas diamétral, permet alors de formuler des règles simples pour le calcul des engrenages, savoir :

1° Le diamètre primitif de la roue est égal au nombre de dents multiplié par le pas diamétral;

2° La distance de centre à centre de deux roues est égale à la demi-somme des nombres de dents multipliée par le pas diamétral;

3° Le diamètre extérieur de l'engrenage est égal au nombre de dents, plus deux, multiplié par le pas diamétral.

Si on établit ensuite une série de pas diamétraux métriques variant, par exemple, de 0 mm. 5, ce qui paraît répondre à tous les besoins de la pratique, on aura presque toujours des nombres entiers de millimètres, ou tout au moins des demi-millimètres, pour les diamètres primitifs, la distance des centres et les diamètres des roues à tourner.

La mise en pratique de ces règles et l'adoption des profils de Grant ont permis de réaliser un commencement d'unification; l'exemple venu des États-Unis a été suivi d'abord par la Grande-Bretagne, puis par un certain nombre de maisons françaises, belges, allemandes, suisses, et il semble qu'à l'heure actuelle une entente pourrait se faire sans grandes difficultés entre les constructeurs des différentes puissances. D'ailleurs, tous les arguments qui ont été présentés en faveur de l'unification des pas de filetages sont applicables à l'unification des pas d'engrenages; et puisque la première tentative d'uniformisation a été pleinement couronnée de succès et que son adoption a produit déjà de si heureux résultats, tout paraît concourir à la réussite de la seconde. Aussi nous réclamons, avec beaucoup d'autres, en faveur d'une réforme qui ne peut qu'aider puissamment au progrès de l'industrie.

Nous allons passer successivement en revue dans ce chapitre : les machines à tailler les engrenages cylindriques, les machines à tailler les engrenages coniques, les machines à tailler les roues à vis sans fin et les machines à tailler les vis sans fin.

En ce qui concerne le taillage des crémaillères, les procédés présentés reposent sur l'emploi de la machine à fraiser, munie d'un appareil spécial; nous les avons indiqués dans le chapitre VII.

I. MACHINES À TAILLER LES ENGRENAGES CYLINDRIQUES.

Nous avons vu qu'une des plus anciennes applications de la fraise avait eu pour objet la taille des dents de crémaillère; la fraise de forme convient en effet très bien à ce genre de travail, et la plupart des machines spécialement disposées pour la taille des roues cylindriques à dents droites ou hélicoïdales reposent sur son emploi. Depuis 1889, nous voyons apparaître un procédé nouveau qui consiste à tailler les roues par engrènement avec une crémaillère, une vis sans fin ou une roue dont les dents disposées pour couper permettent de fraiser ou de mortaiser des roues qui engrèneront correctement avec l'outil qui les taille et qui engrèneront toutes entre elles, si la forme des dents a été judicieusement choisie. Deux procédés s'offrent donc à notre examen pour la taille des engrenages cylindriques : la fraise de forme et l'engrènement.

1° **Machines à tailler les roues à la fraise.** — Le profil à donner à la fraise dans le cas des dents droites est celui de la section de l'intervalle des dents normalement à l'axe; dans le cas des dents en hélice, on prend généralement, pour profil de la fraise, la section normale d'un cylindre oblique dont les génératrices sont parallèles à la tangente à l'hélice passant par le point de la circonférence primitive d'un tracé fait comme pour une roue à dents droites; les fraises de forme invariable, qui conservent un profil constant lorsqu'on les affûte sur le devant de la dent, conviennent particulièrement bien aux travaux de cette nature.

Toute machine à fraiser, munie d'un appareil diviseur, permet la taille des roues cylindriques à dents droites; après avoir fraisé l'intervalle de deux dents, il faut, pour passer à l'intervalle suivant, ramener la fraise en arrière et donner à la roue une fraction de tour. Ces opérations peuvent être effectuées automatiquement, et nous retrouvons, dans les machines spéciales exposées par MM. Brown et Sharpe, M. Schultz, MM. Gould et Eberhardt, M. Huré, la Maschinenfabrik Pekrun, les principes sur lesquels reposaient les machines exposées en 1889. La taille en hélice exige de plus que la roue tourne sur elle-même pendant le déplacement longitudinal de la fraise; des machines établies pour ce genre de travail étaient exposées par M. Ernault, le Progrès industriel et les usines Bouhey; aucune d'elles n'était disposée pour la succession automatique de tous les mouvements dans le cas de la taille en hélice.

Les machines uniquement disposées pour la taille des dents droites et celles susceptibles de fraiser des dents en hélice peuvent être utilisées pour la rectification des

roues à vis sans fin au moyen d'une vis-mère; il suffit que le mouvement de rotation de la roue, nécessaire à la division ou à la taille en hélice, puisse être rendu solidaire du mouvement de rotation de la fraise. (Gould et Eberhardt, Huré, Progrès industriel, Bouhey.)

a. Roues à dents droites. — Les machines complètement automatiques pour la taille des roues cylindriques présentent toutes les mêmes dispositions d'ensemble. La roue est montée sur un axe horizontal adapté à un chariot de réglage vertical; elle est reliée au

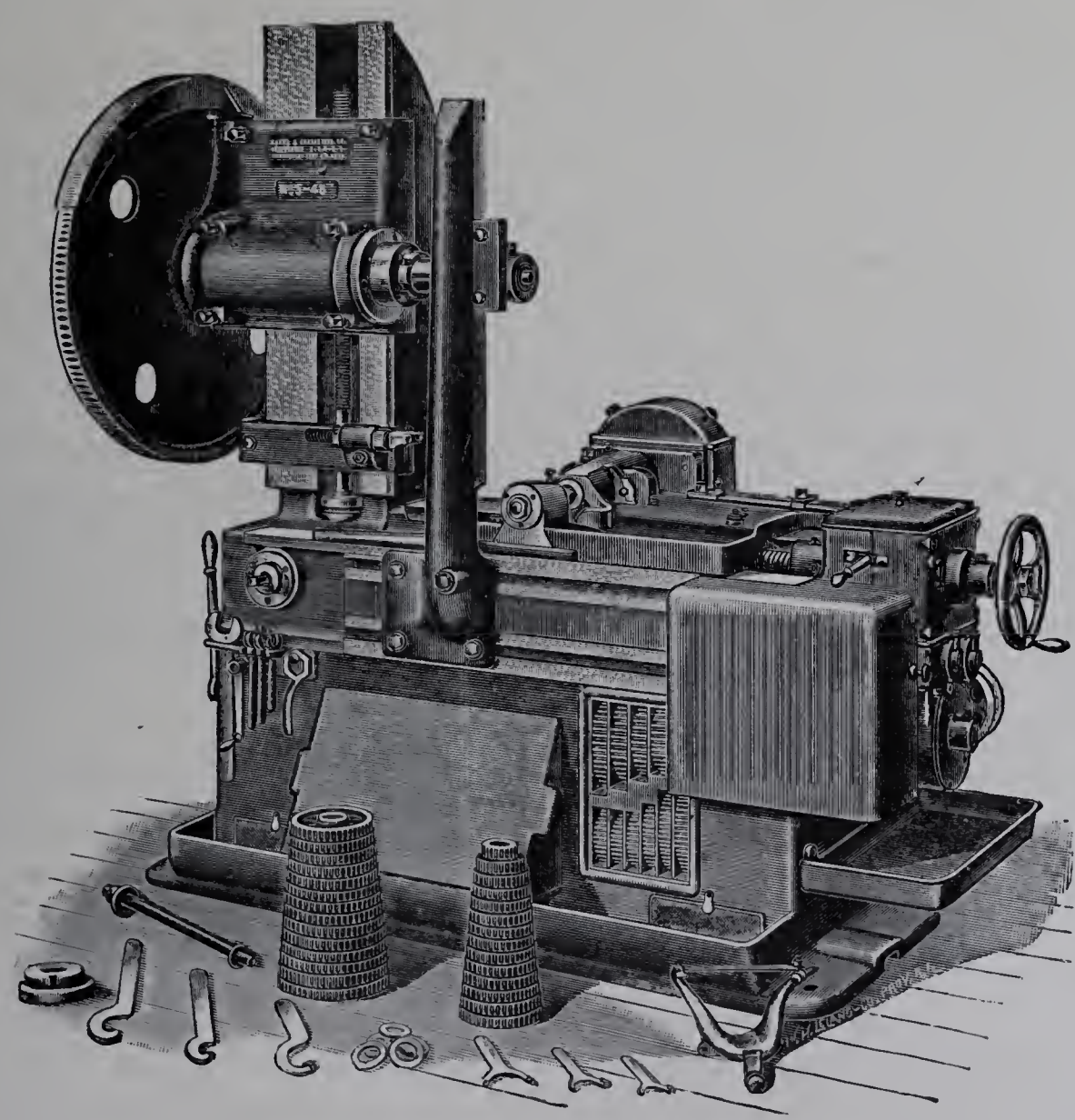


Fig. 150. — Machine automatique à tailler les engrenages (Brown et Sharpe).

système diviseur par une roue de vis sans fin; la fraise, montée sur un mandrin horizontal, travaille en passant sous la roue; elle est supportée par un chariot, qui est mené automatiquement avec changement de marche à chaque fin de course et retour rapide après chaque passe. Le retour rapide et la division peuvent être actionnés indépendamment de l'avance et de la commande de la fraise, de telle sorte qu'ils s'effectuent toujours à la plus grande vitesse possible (Brown et Sharpe); dans ce cas, l'avance seule est reliée au mouvement de rotation de la fraise et s'arrête, en cas d'accident, en

même temps que l'outil. La division se fait à la fin du retour par l'intermédiaire d'un compteur, entre lequel et l'arbre de la vis sans fin qui commande la roue diviseur est interposé un train d'engrenages dont on fait varier les proportions, de façon à établir le rapport voulu entre les tours du compteur et le mouvement de division de la roue. Dans la machine Gould et Eberhardt, la commande du mécanisme est à friction; elle est solidaire d'une came dont la butée s'oppose à l'entraînement de la friction, jusqu'au moment où un déclenchement permet à la came de faire un tour complet; puis la butée de la came rencontre la butée d'arrêt qui interrompt tout le mouvement. Dans les machines Brown et Sharpe, Schultz, Huré, le compteur peut à volonté faire un ou plusieurs tours et permet ainsi de ne pas opérer de trop fréquents changements dans les harnais d'engrenages; mais, de plus, la commande du système diviseur est reliée à l'arbre en mouvement non plus par une friction, mais par un manchon denté, qui doit être débrayé quand le verrou est engagé dans un cran du compteur et qui doit s'embrayer en même temps que le verrou se dégage; cet effet est produit à l'aide d'un levier qui manœuvre à la fois le verrou et le manchon denté et qui est lui-même actionné brusquement par le passage sur son autre branche d'une saillie du mécanisme mobile de changement de marche. Le compteur comprend un disque principal à crans et deux ou trois disques ayant respectivement 1, 2 ou 3 crans et tournant avec une vitesse différente de celle du premier; le disque principal peut être employé seul ou combiné avec un des autres; dans ce dernier cas, le verrou est obligé de rencontrer à la fois un cran de chacun des disques combinés, pour pouvoir s'y engager, et ne fonctionne qu'après un certain nombre de tours du disque principal dépendant du rapport des vitesses des deux disques, 1, 2, 4, 8 tours dans les machines Brown et Sharpe, 1, 2 et 4 tours dans les machines Schultz et Huré.

Un perfectionnement récent, dû à M. Gabriel, permet, dans les machines Brown et Sharpe, de mettre en route les organes du compteur lentement et sans secousses, de les amener rapidement à leur vitesse maximum et de les ramener lentement à l'immobilité après qu'ils ont effectué la division. A cet effet, la roue menante qui est montée sur l'arbre de commande du compteur est munie de deux petits galets diamétralement opposés; ces galets sont en contact avec les côtés opposés d'une dent de came reliée à la roue menée, dont quelques dents sont enlevées en dessous de la came. Au début du mouvement, un des galets agit contre un des flancs de la dent de la came, de façon à faire progressivement passer la roue menée de la position du repos à la vitesse qui résulte de l'engrènement des dents des deux roues; puis un peu avant la fin d'un tour de la roue menée, l'autre galet vient en contact avec le flanc opposé de la came et, substituant son action à celle de l'engrènement des dents, conduit petit à petit la roue menée jusqu'au repos.

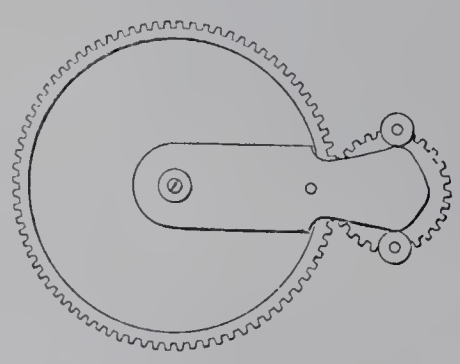


Fig. 151.
Mécanisme de M. Gabriel.

Les machines à tailler les roues de MM. Brown et Sharpe offrent un exemple des

avances considérables qui peuvent être obtenues sur les fraiseuses par de judicieuses dispositions des outils et des machines : la fraise, qui est munie d'une forte denture, est montée, ainsi que la pièce, de façon à éviter les flexions pendant le travail; les organes de la machine assurent un entraînement puissant, et ses formes sont disposées pour concourir à la stabilité de tout l'ensemble. Dans ces conditions, nous avons pu constater une vitesse pratique d'avance de 150 à 200 millimètres à la minute pour une fraise de 13 dents développant environ 18 mètres à la minute et taillant, en une seule passe, le creux d'une denture en fonte ordinaire d'un pas de 20 millimètres.

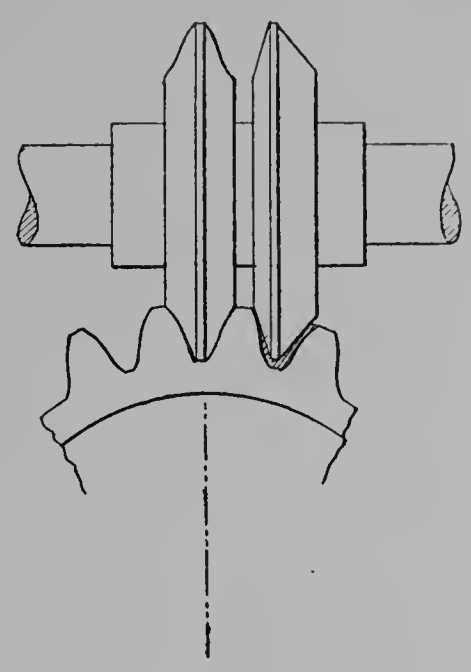


Fig. 152. — Fraise multiple à ébaucher et à finir les dents.

Toutefois, pour la taille des grosses roues, certains constructeurs (Gould et Eberhardt, Maschinenfabrik Pekrun) montent simultanément, sur l'arbre porte-fraise, une fraise à finir placée dans l'axe et une ou plusieurs fraises à ébaucher, travaillant dans les dents précédentes; la division, qui se produit automatiquement à la fin du retour rapide, amène successivement chaque dent devant chacun des outils.

Dans toutes les machines de cette nature, nous devons signaler le soin avec lequel la roue diviseur est graduée. M. Schultz, en particulier, confectionne sa roue au moyen de deux disques juxtaposés, réunis par 10 goupilles et arrêtés par des vis; pour assurer la régularité du taillage et de la division, on a d'abord opéré 10 déplacements consécutifs des deux demi-plateaux l'un contre l'autre et on a rectifié l'alésage des trous, puis, après avoir procédé à l'ébauchage des dents, on les a rectifiées à la vis-mère en opérant également 10 déplacements successifs.

b. Roues à dents droites et hélicoïdales. — Les machines à tailler les roues droites ou hélicoïdales, exposées par M. Ernault et le Progrès industriel, présentent dans leur ensemble les mêmes dispositions. Pour la taille des roues droites, la fraise est montée sur un arbre vertical, mais pour permettre la taille des roues hélicoïdales la tête du porte-outil est réglable à toute inclination. La poupée porte-pièce a son axe horizontal et la fraise est animée d'un mouvement automatique d'avance transversale, en même temps que la roue possède un mouvement automatique de rotation pour la taille en hélice.

Dans la machine Ernault, le retour de la fraise et la division se font dans tous les cas à la main; dans la machine du Progrès industriel, il n'en est ainsi que dans la taille des dents hélicoïdales et le retour et la division sont automatiques dans la taille des dents droites.

La machine exposée par M. Bouhey permet de tailler automatiquement une ou plusieurs roues à denture droite sans nécessiter l'intervention de l'ouvrier qui, par contre,

IMPRIMERIE NATIONALE.

ainsi que nous le verrons plus loin, a certaines fonctions à remplir dans le cas de la taille des engrenages en hélice. L'engrenage à tailler est monté sur une broche verticale qui peut tourner dans une douille du banc; le chariot porte-fraise est porté par un bâti vertical dont la position se règle à la main au moyen d'un volant suivant le diamètre de la roue à tailler; il possède un mouvement lent automatique de descente pour la coupe et un mouvement rapide de montée au retour; la division, dans le cas des engrenages droits, s'opère automatiquement lorsque la fraise est arrivée à sa position extrême supérieure. L'arbre principal de la machine communique, par une série d'engrenages supportés par une tête de cheval, d'une part, le mouvement de rotation à la fraise, et, d'autre part, le mouvement de descente du chariot; quant au mouvement de remonte rapide, il est pris sur une poulie qui tourne constamment au moyen d'une transmission intermédiaire. Pour assurer automatiquement la marche, dans un sens ou dans l'autre, les mouvements à vis sans fin qui commandent les vis verticales de mouvement du chariot porte-fraise peuvent, au moyen de manchons à griffes, recevoir l'une ou l'autre des deux commandes; à cet effet, des taquets, portés par le chariot porte-fraise, viennent agir sur l'extrémité d'un levier qui, relié à un système articulé, embraye l'un des deux manchons à griffes, en même temps qu'il débraye l'autre.

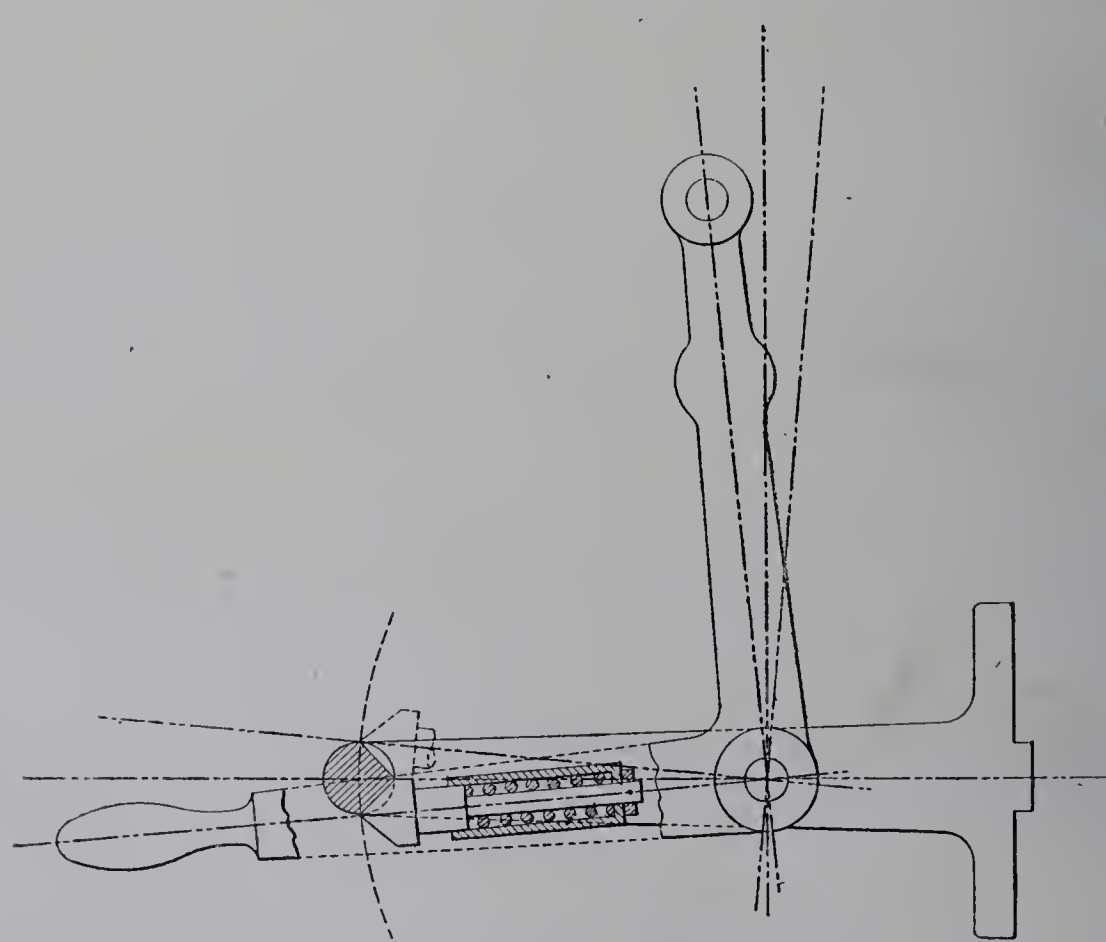


Fig. 153. — Levier de changement de marche (machine Bouhey).

Au moment où le débrayage d'un des mouvements se produit, l'embrayage de l'autre est assuré automatiquement au moyen du dispositif suivant : Dans le corps du levier de changement de marche est pratiqué un fourreau dans lequel coulisse un piston dont l'extrémité forme deux plans inclinés; le piston est constamment poussé par un ressort

placé à l'intérieur du fourreau et vient buter sur une pièce fixe située à l'extrémité du support de l'axe d'articulation du levier; cette pièce porte également deux plans inclinés sur lesquels peuvent glisser ceux du piston. A chaque changement de marche, le levier, sous l'influence des taquets de débrayage du chariot porte-fraise, oscille autour de la position horizontale; mais, dans la première partie du mouvement, le piston comprime le ressort et ni l'un ni l'autre des manchons à griffes ne bougent, en raison de la largeur de leur gorge; au contraire, dès que la position horizontale est dépassée, le piston est vivement repoussé par le ressort, tout en glissant sur le plan incliné du butoir, et produit l'achèvement du déplacement angulaire du levier; c'est alors seulement qu'un des manchons se débraye et que l'autre s'embraye.

La division s'opère automatiquement, lorsque la fraise est arrivée à sa position extrême-supérieure; la commande du mécanisme est prise sur une roue à friction qui tourne continuellement au moyen d'une transmission intermédiaire. Un taquet réglable, porté par le chariot porte-fraise, vient, par son action sur un butoir, libérer la roue qui, à l'aide de la friction, fait un tour en entraînant les roues de série combinées pour la division et est de nouveau arrêtée par le butoir.

Pour tailler les roues à denture hélicoïdale, on incline le chariot porte-fraise au degré correspondant à celui de l'hélice, qui se donne au moyen d'une tête de cheval portant une série de roues donnant le pas convenable. Mais si chaque mouvement est automatique, la succession des mouvements ne l'est plus. Quand la fraise a dépointé complètement de la dent, on recule légèrement le chariot porte-fraise pour que l'outil ne vienne pas mordre dans la dent taillée, on change la marche du chariot porte-fraise par la manœuvre d'un levier et on opère le retour à grande vitesse. Puis, le porte-fraise arrivé en haut de sa course, on ramène le chariot en position et on fait la division également par la manœuvre d'un levier. Le constructeur paraît avoir renoncé à l'automaticité des mouvements pour éviter de faire repasser la fraise dans la dent taillée en hélice pendant le retour à grande vitesse ou pour ne pas compliquer outre mesure la machine en ajoutant des mouvements qui fassent reculer ou avancer automatiquement l'outil à chaque fin de course.

2° **Machines à tailler les roues par engrènement.** — Un procédé nouveau pour le taillage des roues droites qui, comme nous le verrons, a été appliqué au taillage des pignons d'angle, s'est développé depuis 1889; il consiste à tailler la roue au moyen de l'organe avec lequel il doit engrener; toutefois il ne serait pas économique si pour chaque engrenage à tailler on devait faire un outil spécial; il est, au contraire, susceptible de devenir pratique si l'on utilise le principe fondamental des engrenages à développantes appliqué dès 1881, par M. Bilgram, à savoir que deux roues de même pas à denture à développante engrènent toujours entre elles quel que soit leur nombre de dents; il en résulte que tous les pignons engrenant avec une même roue de profil, à développante ou avec une crémaillère correspondante, engrèneront parfaitement entre elles: il suffit donc de tailler leurs dents au moyen d'un outil de profil convenable sous lequel on

C. F. E.

fera rouler la roue à tailler, et un seul outil convient pour toutes les dents de même pas, quel que soit le diamètre de la roue.

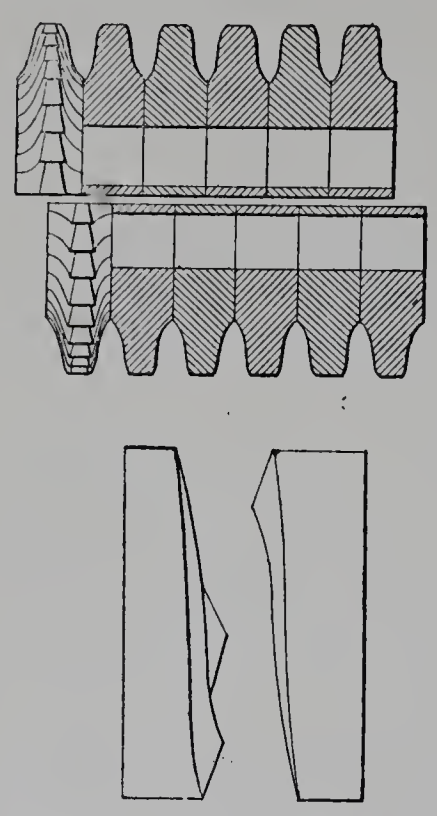


Fig. 154. — Fraise multiple Swasey et cames hélicoïdales.

MM. Biernatzki et Cie, de Hambourg, avaient exposé, dans la section allemande, une notice sur leur machine à tailler les engrenages droits ou hélicoïdaux au moyen d'une vis sans fin. Le procédé employé, qui repose sur le principe de Bilgram, a quelque analogie avec celui qu'utilise la *machine Swasey* et, bien que cette dernière n'ait pas figuré à l'Exposition de 1900, nous croyons utile d'en rappeler les principales dispositions.

L'outil est constitué par une série de fraises multiples, divisées diamétralement en deux parties qui représentent en section la crémaillère devant engrener avec la roue à construire. Chaque moitié des fraises multiples avance sur la roue à tailler en y décrivant des hélicoïdes de pas égal à celui d'une dent, en même temps que la roue à tailler tourne aussi d'un pas; à cet effet, les moitiés de fraises prennent appui, par le moyen de galets, sur des cames fixes qui ont des profils hélicoïdaux sur les trois quarts de leur circonférence et dont le quart suivant est occupé par une brusque courbe, qui rappelle à leur position primitive les moitiés de fraises sorties de la taille, après que les autres moitiés s'y sont engagées.

La machine de MM. Biernatzki utilise un outil en forme de vis sans fin dont le pas remplace les rampes de la machine précédente. Pour la taille des dents droites, la vis

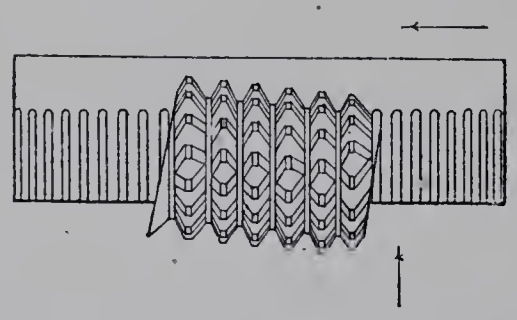


Fig. 155. — Fraise Biernatzki disposée pour la taille des dents droites.

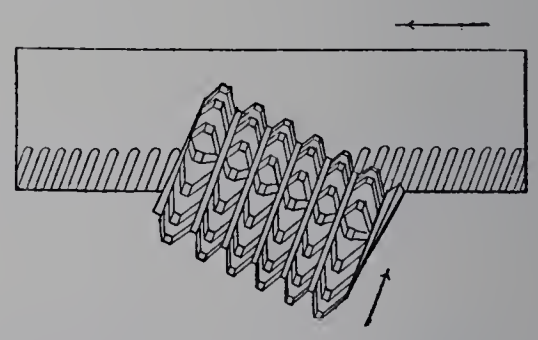


Fig. 156. — Fraise Biernatzki disposée pour la taille des dents en hélice.

est inclinée sur l'axe de la roue d'un angle égal à l'inclinaison de l'hélice, de façon que la tangente à l'hélice au point où la vis travaille soit ramenée dans la direction des dents; pour la taille des dents hélicoïdales, la fraise est inclinée sur la roue de façon qu'au point de contact l'inclinaison des dents de la fraise et de la roue coïncident. Dans tous les cas, la fraise s'avance sur la roue, mais, de plus, la vis et la roue ont un mouvement de rotation tel que pour un tour de la fraise la roue tourne d'une quantité égale au pas. Par ces dispositions, une seule fraise suffit pour tailler toutes les roues de même pas, droites ou en hélice, quel que soit le nombre de dents.

La *machine Fellow*, exposée par la Fellows Gear Sheaper Company, repose sur le même principe, mais l'outil est ici un engrenage en acier trempé et rectifié. Cet outil

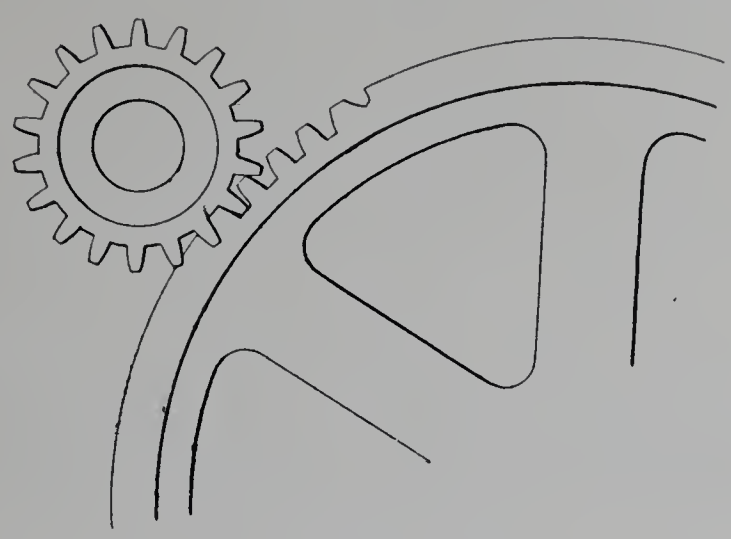


Fig. 157.

reçoit un mouvement de va-et-vient vertical, comme dans une machine à mortaiser; mais, de plus, il est animé, en même temps que le disque qui doit former l'engrenage, d'un mouvement de rotation lent, exactement semblable à celui que produirait l'engrènement de l'outil et de la roue à tailler, de sorte que l'outil engendre des profils de dents tels qu'ils engrènent d'une façon parfaite avec lui (fig. 157).

Le même principe est appliqué pour la rectification des outils, en les faisant engrener avec une crémaillère à développante, dont les dents ont un profil rectiligne. Une dent de cette crémaillère est remplacée par une meule émeri à face parfaitement plane; par le mouvement de la machine, l'engrenage roule sur la crémaillère et la meule rectifie ainsi d'abord un côté de dent, puis la roue est retournée et le côté opposé des dents est rectifié à son tour (fig. 158).

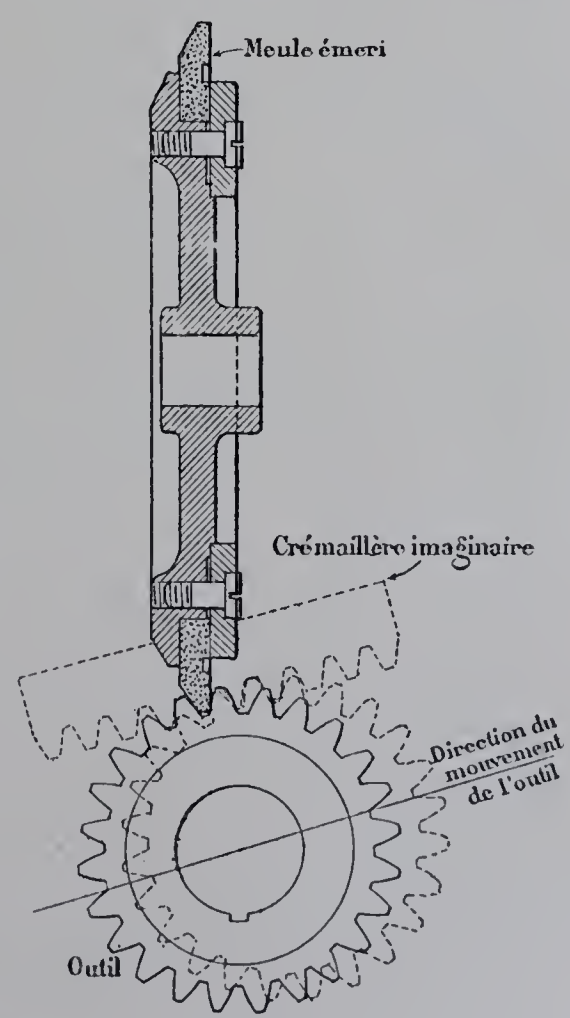


Fig. 158.

On peut donner à l'outil en question du dégagement pour faciliter la coupe, l'affûter en diminuant son épaisseur sans cesser pour cela de tailler des engrenages corrects. La distance des centres de deux engrenages à développante peut en effet varier sans qu'ils cessent d'engrener correctement, au moins au point de vue géométrique; si donc on affûte l'outil-engrenage, comme il a été dit plus haut, en inclinant son axe par rapport au mouvement de la meule, l'engrenage obtenu, dont la forme peut être définie cylindro-conique (fig. 159), engrènera sur toute sa longueur avec un engrenage à développante de même pas, et une section

quelconque, prise comme outil, donnera toujours le même profil à l'engrenage taillé, pourvu que la distance des centres soit convenablement choisie.

La machine Fellow comprend trois mouvements : un mouvement vertical de va-et-vient de l'outil, un mouvement horizontal qui dégage l'engrenage-outil de la roue pendant le retour et le rapproche ensuite, enfin un troisième mouvement qui fait lentement rouler l'un sur l'autre l'outil et la roue à tailler. Au commencement du travail, l'outil se déplace transversalement et se rapproche du centre de la roue; quand il est arrivé à la profondeur voulue, un déclenchement se produit, l'avance cesse et la rotation des deux pièces commence. Il peut travailler par traction ou par poussée; le premier mode d'action est préférable, mais n'est pas toujours possible; il exige en effet l'emploi sous l'engrenage-outil d'un écrou volumineux, qui ne trouve pas toujours sa place; dans le cas particulier de la taille d'une roue dentée intérieurement, un tel écrou viendrait parfois rencontrer le bras de la roue.

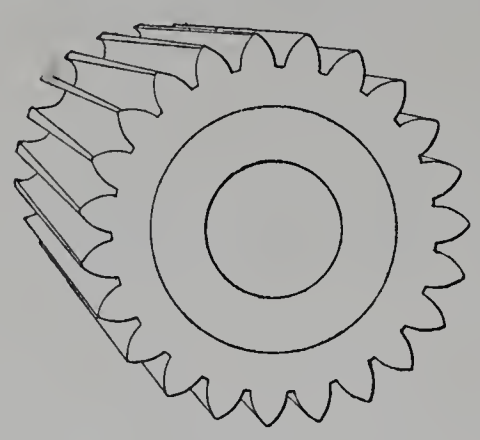


Fig. 159.

La rectification des outils, après la trempe, exige l'emploi d'une machine spéciale, mais l'affûtage est effectué au moyen d'un appareil qu'on peut monter sur la machine à tailler.

II. MACHINES À TAILLER LES ENGRENAGES CONIQUES.

Parmi les nombreuses machines à tailler les engrenages coniques exposées en 1900, quelques-unes utilisent la fraise à profil constant, bien qu'un tel outil ne se prête qu'imparfaitement au profilage d'une dent dont la section doit varier avec sa distance au sommet du cône; elles ne peuvent évidemment convenir qu'à la construction de roues dans lesquelles la variation du profil de la dent peut être négligée sans trop d'inconvénients. La fraise, qui, au contraire, n'agit que par une de ses arêtes et se trouve guidée par un mouvement de façonnage, est capable de reproduire correctement la forme de son gabarit. Nous en trouvons une application dans la machine de conception récente due à M. Rice et établie, dès l'origine, pour la fabrication des petits pignons qui entrent dans le montage des cycles.

Plus généralement, les machines exposées reposent sur l'emploi du burin : ce sont de véritables étaux-limeurs qui, au moyen d'un reproducteur, ou, simplement à l'aide de leurs dispositions cinématiques, tracent correctement et successivement les différentes génératrices de chacune des dents. Toutes, d'ailleurs, semblent dériver, quant à leur principe fondamental, de la machine Potts, dont M. Zimmermann s'était inspiré dans le modèle qu'il exposait en 1867. Plus tard, en 1878, la maison Fétu et Defize présentait une raboteuse dans laquelle deux couteaux taillaient simultanément les côtés en regard de deux dents par génératrices successives, et, en 1889, les machines à un ou à deux burins exposées par M. Steinlen et les ateliers d'Oerlikon permettaient de tailler automa-

tiquement les dents successives d'un engrenage conique, mais la division était faite à la main.

Depuis une dizaine d'années, les constructeurs se sont efforcés de construire des modèles plus complets : ils ont disposé leurs machines pour la taille en hélice aussi bien que pour la taille droite, puis, dans le but de réduire autant que possible la main-d'œuvre de fabrication, ils ont rendu automatique la division des dents.

Les machines qu'il nous a été donné d'examiner peuvent se ranger dans l'un des quatre groupes suivants :

1° Machines à tailler les engrenages coniques à la fraise à profil;
2° Machines à tailler les engrenages coniques à la fraise avec reproducteur;
3° Machines à raboter les engrenages coniques avec reproducteur;
4° Machines à raboter les engrenages coniques sans reproducteur.

1° Machines à tailler les engrenages coniques à la fraise à profil. — On donne à la fraise le profil de la dent en un point déterminé de la hauteur du pignon, puis on lui fait successivement tailler chacune des faces des dents, sous la condition que le point qui correspond au cône primitif suive la génératrice et se dirige vers le sommet du cône. On substitue ainsi, dans la forme de chaque dent, aux deux surfaces coniques dont les génératrices doivent concourir au sommet du cône, deux surfaces cylindriques dont les génératrices du cône primitif viennent seules converger en ce point. L'épaisseur des dents ainsi obtenue est correcte sur le cône primitif de l'engrenage, mais la courbe des dents étant constante suivant toute la hauteur du pignon, le profil n'est pas absolument théorique.

Le procédé est rapide; il est à la rigueur acceptable pour des engrenages de faible hauteur et d'un grand nombre de dents, dans lesquels la différence de courbure de la dent est peu sensible, mais il ne saurait être admis pour des engrenages de précision devant tourner à de grandes vitesses sans bruit.

La *Bickford Drill and Tool Company* expose une machine à tailler quatre engrenages à la fois, qui repose sur ce principe. Les fraises sont verticales et reçoivent leur mouvement de rotation d'un arbre unique passant au milieu de la machine; les chariots sont mobiles dans le sens transversal et marchent automatiquement dans la direction des fraises; ils supportent les poupées qui reçoivent les pignons à tailler et peuvent, par un pivotement autour d'un axe vertical, présenter une génératrice du cône primitif dans la direction de la marche automatique; deux plateaux divisés, réglables l'un par rapport à l'autre, donnent successivement la division pour l'un ou l'autre côté des dents, en même temps qu'ils assurent le déplacement angulaire qui permet de diriger vers le sommet du cône la génératrice du cône primitif des flancs de chacune des dents.

MM. Brown et Sharpe emploient également la fraise à profil pour la taille des engrenages coniques et utilisent à cet effet leur machine automatique à tailler les engrenages cylindriques, dans laquelle ils modifient le chariot porte-fraise en conséquence.

Un sabot réglable sur la glissière du bâti porte lui-même une glissière verticalement

inclinable, sur laquelle coulisse le chariot porte-fraise, dont le mouvement d'avance et de retour rapide est le même que dans la machine à tailler les engrenages cylindriques. La fraise, profilée suivant la courbe de la dent au diamètre extérieur, est d'abord réglée dans l'axe de la roue à tailler, puis déplacée à droite ou à gauche de la moitié de son épaisseur au cercle primitif; le chariot porte-fraise est ensuite incliné dans un plan vertical à l'angle même du cône primitif et tous les flancs d'un des côtés des dents sont ainsi taillés. La fraise est alors déplacée du côté opposé, de toute son épaisseur au cercle primitif, en même temps qu'on fait légèrement tourner la roue à tailler; puis, après quelques tâtonnements ayant pour but de donner à la dent son épaisseur exacte, on taille tous les flancs de l'autre côté des dents.

2° Machine à tailler les engrenages coniques à la fraise avec reproducteur. — La machine exposée par la *Rice Gear Company* est également basée sur l'emploi de la fraise, mais elle est munie d'une disposition pour façonner. Son travail consiste à reproduire et à réduire une pièce type, qui peut être construite avec la plus grande précision; la fraise d'un grand diamètre a ses dents formées d'une série de couteaux qui engendrent les faces des dents par l'enveloppe des plans tangents.

La roue à tailler et le gabarit sont montés sur un même axe horizontal, autour duquel ils peuvent tourner, et leur ensemble est supporté par un bras qui peut osciller autour d'un axe vertical. D'autre part, l'outil et la touche, dont les formes sont semblables, sont invariablement reliés entre eux, et leurs faces sont placées, pour le travail de chaque flanc, dans un même plan qui contient le sommet commun au cône à tailler et au gabarit, et l'axe du bras oscillant; la dent de la pièce type est maintenue en contact avec la touche par l'action d'un contrepoids et le bras, dans son mouvement d'oscillation, fait prendre simultanément au gabarit et au pignon un double mouvement, combiné du mouvement de rotation autour de leur axe commun et du mouvement d'oscillation du bras, et permettant à l'outil de reproduire sur le pignon les génératrices de la surface du gabarit.

A l'extrémité de l'arbre horizontal, support du pignon et du reproducteur, est monté un plateau divisé, dans les encoches duquel entre, en temps utile, un index, dont le but est d'assurer l'entrée de la touche dans les dents du gabarit, au moment où le bras oscillant s'élève verticalement pour la taille de chaque dent. Cette fonction assurée, le plateau divisé se dégage de son index et le gabarit devient seul directeur du mouvement de reproduction des dents.

Le mouvement d'oscillation du bras est commandé, pour le façonnage de chacune des faces de la dent, par une came horizontale montée sur un arbre vertical, qui reçoit son mouvement de rotation de l'arbre principal de la machine par roue et vis sans fin; cette came produit le mouvement d'oscillation en agissant sous l'action d'un contrepoids sur une touche reliée au cadre du bras. Un arbre horizontal, supporté par la partie inférieure de la machine, reçoit son mouvement de rotation, par pignons d'angle, de l'arbre vertical; il porte trois cames qui assurent les mouvements auxiliaires de la ma-

chine : l'une, qui soulève et laisse retomber l'axe vertical du bras oscillant, le bras oscillant lui-même et les parties qu'il supporte; l'autre, qui commande l'index et le fait fixer ou libérer le plateau divisé; la troisième, qui fait monter ou descendre un bras en forme

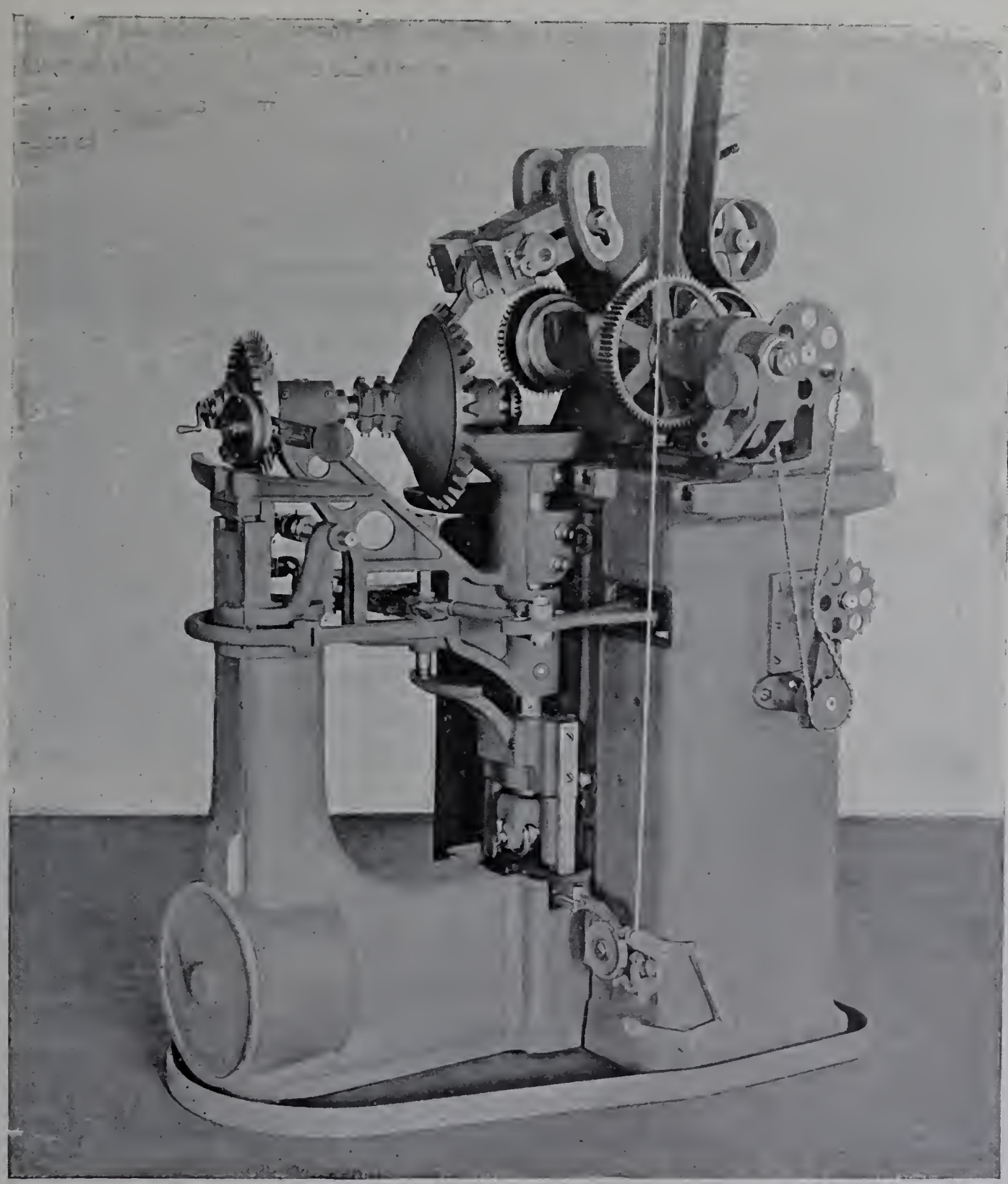


Fig. 160. — Machine Rice à tailler les engrenages coniques.

de T sur lequel vient reposer le contrepoids pour dégager la touche de son contact avec la dent et pour faire la division.

Le fonctionnement de la machine est le suivant :

La roue à tailler, après avoir été préalablement défoncée, est calée sur sa broche de

façon telle que le sommet du cône théorique de l'engrenage type et de la roue à tailler coïncident exactement avec l'intersection de l'axe de la broche horizontale et de l'axe vertical du bras oscillant. La machine est mise en mouvement et la broche horizontale, qui porte la roue à tailler et le gabarit, est rapidement soulevée par la came qui commande l'axe vertical du bras oscillant; l'index pénètre dans une encoche du plateau divisé, puis la touche entre deux dents du gabarit et la fraise entre deux dents de la roue à tailler. L'index se dégage alors, le contrepoids agit, le mouvement ascendant se ralentit de façon à correspondre à l'avance convenable pour la taille et à s'arrêter à la profondeur voulue; en même temps la broche tourne légèrement, de façon à maintenir la dent du gabarit en contact avec la touche. La broche horizontale portant la roue à tailler et le gabarit pivote autour de l'axe vertical du bras oscillant en même temps que le contrepoids maintient le profil de la dent type en contact avec l'arête de la touche.

Aussitôt qu'une face de la première dent est taillée, le bras à T remonte pour recevoir l'appui du contrepoids et soulager le contact de la touche sur le guide, la touche se dégage du guide en même temps que la fraise se dégage de la dent, le bras oscillant et les organes qu'il supporte oscillent en sens inverse, et, en même temps qu'ils s'abaissent, la division s'effectue par l'appui du contrepoids sur le bras à T et la différence d'abaissement des deux pièces; le gabarit et la pièce sont alors en position pour la taille d'une face de la dent nouvelle et le mouvement déjà décrit se reproduit.

Quand toutes les faces d'un côté ont été ainsi taillées, la machine s'arrête automatiquement, la fraise est déplacée horizontalement d'une distance égale à l'épaisseur des couteaux, la touche est également déplacée d'une distance égale à son épaisseur, de façon à placer les faces travaillantes dans le plan fondamental de la machine, le contrepoids principal et celui de la broche sont renversés et la machine taille de la même façon les autres faces des dents.

La machine en question offre un moyen rapide et suffisamment précis de reproduire en très grand nombre les petits pignons de bicyclettes; elle assure un rendement par journée de dix heures de cent à cent vingt pièces de 45 millimètres de diamètre et 8 millimètres de hauteur, munies de quinze dents.

3° Machines à raboter les engrenages coniques avec reproducteur. — Le principe de ces machines réside dans l'emploi d'un outil à raboter formant successivement chacune des génératrices du cône des dents; des réglages préalables permettent de faire passer la direction du mouvement de va-et-vient de l'outil par le sommet du cône de la roue à tailler et de la faire coïncider avec une génératrice du cône primitif de l'engrenage. Pour assurer le serrage de l'outil, c'est-à-dire pour passer d'une génératrice à une génératrice voisine, des déplacements convenables sont donnés soit à la roue, soit à l'outil, savoir :

1° Un mouvement de pivotement autour du sommet du cône de la roue dans le plan contenant l'axe de la roue à tailler et une ligne parallèle à la ligne de marche du burin;

2° Un mouvement perpendiculaire à ce plan, qui peut être une rotation autour de

l'axe de la roue, de façon à faire coïncider la génératrice du cône de la dent avec la ligne tracée par le burin; le premier mouvement peut être pris sur l'arbre de la machine ou sur le mouvement de va-et-vient de l'outil; le deuxième est obtenu au moyen d'un gabarit qui représente une section faite sur le cône d'une dent et qui, relié à la pièce mobile, porte-outil ou roue, prend constamment appui sur une touche fixe sous l'action d'un contrepoids. Le serrage est donné d'une façon intermittente à chaque mouvement de va-et-vient de l'outil, lorsque la division des dents est faite à la main; il est, au contraire, donné d'une façon continue, lorsque la division est faite automatiquement et qu'il faut au préalable dégager l'outil de la dent par le renversement rapide des déplacements en sens inverse. Dans ce dernier cas, l'avance étant continue, ce ne sont pas exactement les génératrices de la surface que le burin décrit, mais des lignes courbes qui, bien que n'engendrant pas la surface par une série de droites, n'en reproduisent pas moins exactement la forme du gabarit. Les machines, en général, ne sont munies que d'un seul burin et l'outil,

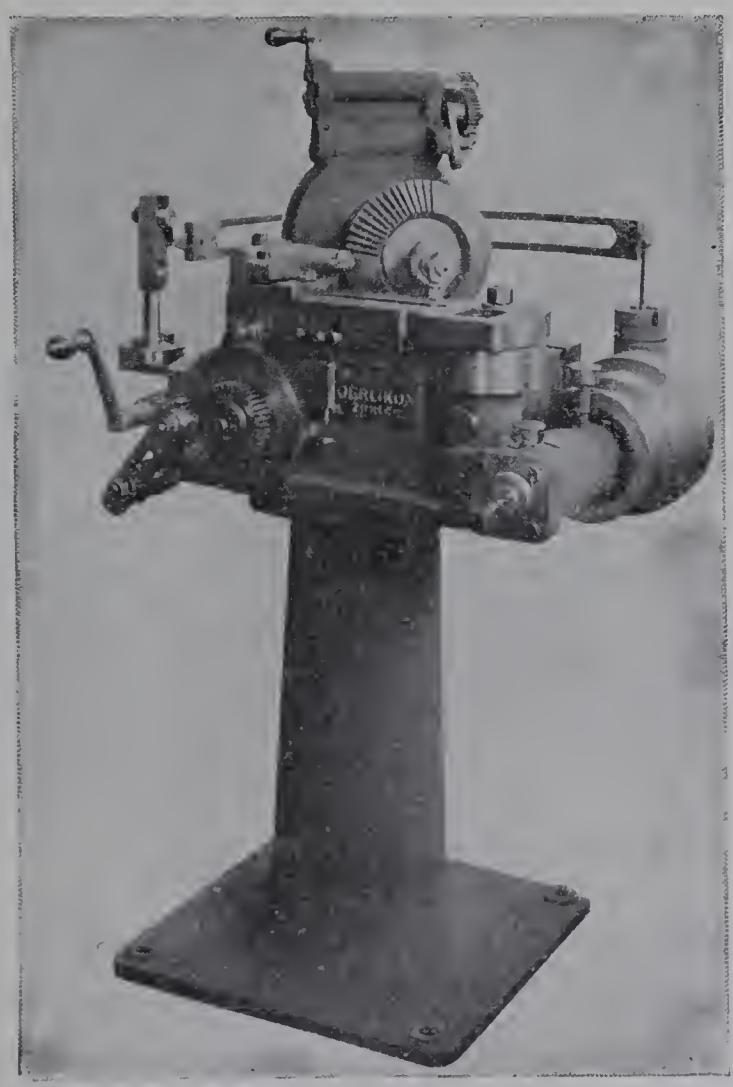


Fig. 161. — Machine à tailler les engrenages coniques jusqu'à 200 millimètres de diamètre (Oerlikon).

après avoir successivement raboté les flancs d'un côté des dents, rabote les flancs opposés en même temps que la touche prend appui sur le coté opposé du gabarit; toutefois le modèle le plus fort de la Société d'Oerlikon comporte deux outils qui, simultanément, rabotent les deux flancs d'une même dent. Dans tous les cas, avant de passer au profi-

lage des dents, on pratique sur les pignons des entailles droites à la fraise sur une machine à fraiser disposée à cet effet, ou au burin sur la raboteuse elle-même, qui travaille alors sans gabarit. Les machines dont il s'agit sont représentées par deux modèles des ateliers d'Oerlikon pouvant tailler des roues dont le diamètre maximum est pour l'un de 200 millimètres et pour l'autre de 500 millimètres; par une machine du Progrès industriel pour roues maxima de 400 millimètres; par une machine Bouhey, pouvant tailler automatiquement les engrenages coniques à denture droite ou hélicoïdale jusqu'à 800 millimètres de diamètre, et par une machine Gleason pouvant tailler des roues jusqu'à 610 millimètres de diamètre.

Dans *le petit modèle des ateliers d'Oerlikon* (fig. 161), l'outil est porté par un chariot horizontal dont la course peut être réglée selon la largeur des dents de l'engrenage; le mouvement de va-et-vient du chariot lui est communiqué par l'arbre de la machine, au moyen d'un disque à manivelle, d'une roue hélicoïdale et d'une vis sans fin. La roue à tailler est montée sur un arbre horizontal supporté par une poupée que l'on peut incliner dans le plan horizontal à l'angle convenable, en même temps qu'un réglage de l'outil permet de le faire passer par le sommet du cône. Les déplacements nécessaires sont donnés à la poupée, savoir : le pivotement autour du sommet du cône, dans un plan horizontal, par le déplacement du secteur denté qui supporte la poupée au moyen d'un encliquetage actionné par le mouvement de va-et-vient du chariot, et la rotation perpendiculaire autour de l'axe de la roue par l'action d'un contrepoids qui tend à faire appuyer sur un couteau fixe le gabarit relié à la poupée au moyen d'un secteur-guide. Lorsqu'on a atteint la profondeur voulue de la dent, l'encliquetage cesse d'agir et on opère à la main la division de l'engrenage au moyen d'une manivelle placée sur la poupée, puis, quand toutes les faces des dents d'un côté sont achevées, on place la touche du côté opposé, on déplace le contrepoids pour faire agir l'autre face du reproducteur et on profile les faces de l'autre côté.

La *machine exposée* par le *Progrès industriel* est d'un modèle assez généralement répandu. Elle comporte pour le mouvement de l'outil un dispositif d'étau-limeur à coulisseau horizontal, et pour la roue à tailler deux mouvements de rotation dont l'un, autour de son axe, est produit par gabarit et l'autre, autour d'un axe horizontal passant par son sommet et normal au précédent ainsi qu'à la direction du coulisseau, est pris sur l'arbre principal et ramené par un mécanisme de cliquet, rochet, engrenages à vis à un arc denté concentrique à l'axe. Le système des chariots porte-outil est rapporté sur la face latérale du coulisseau. La roue à raboter est fixée au moyen d'un mandrin sur le chariot d'un secteur vertical concentrique au deuxième axe; l'arbre de ce chariot est muni à une de ses extrémités d'une roue qui permet, au moyen d'une roue à vis sans fin et de roues se plaçant sur une tête de cheval, de faire, à la main, la division des dents. Le gabarit est relié horizontalement avec le secteur et est fixé sur un chariot se mouvant dans le sens horizontal, de façon à le placer à la distance voulue du centre d'oscillation; il est appuyé par un poids tendeur sur une touche fixée à un bras sur le bâti.

C'est ce type de *machine* que l'*usine Bouhey* a disposé pour la taille hélicoïdale et la

division automatique des dents, en ajoutant aux mouvements précédents un retour à grande vitesse de la pièce sous l'outil, un mouvement circulaire intermittent autour de l'axe de la roue pour la division automatique des dents et un mouvement circulaire alternatif de la douille porte-roue, variable suivant l'hélice à obtenir.

Pour obtenir le retour à grande vitesse, deux secteurs solidaires par leur axe d'oscillation sont placés de chaque côté du bâti. Celui d'avant porte, comme précédemment, tout le système de taillage, et le second, placé en arrière, est disposé pour donner automatiquement la division à la roue à tailler. L'avancement automatique de la pièce sous

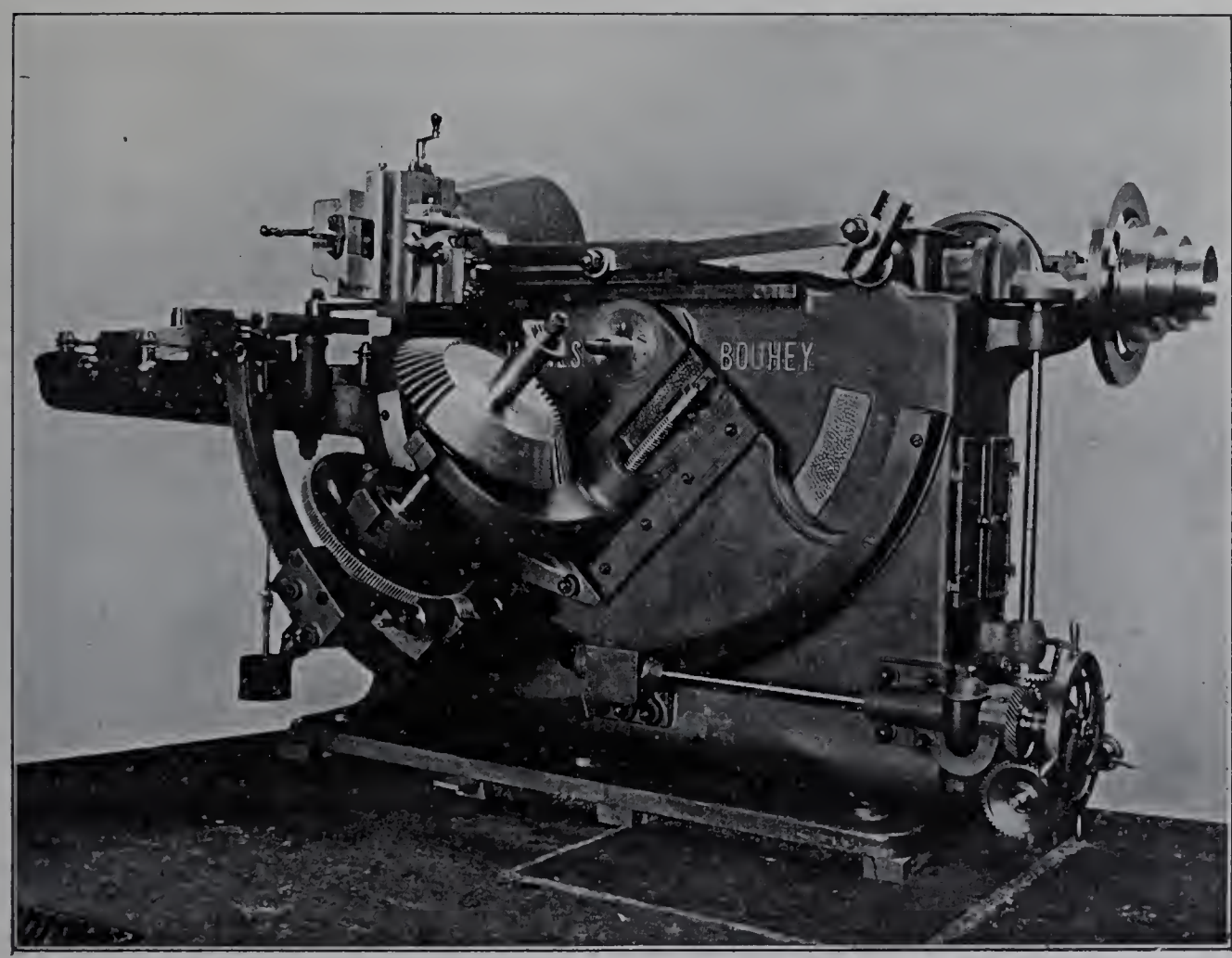


Fig. 162. — Machine automatique Bouhey à tailler les engrenages coniques à denture droite ou hélicoïdale jusqu'à 800 millimètres de diamètre.

l'outil obtenu par la rotation du secteur autour d'un axe horizontal passant par le sommet du cône est, comme dans la machine précédente, pris sur l'arbre principal, mais il est transmis par pignons d'angle, engrenages et vis sans fin à l'arc denté concentrique à l'axe; de plus, un manchon à griffes, interposé dans la transmission du mouvement et actionné par des butées réglables, embraye dans un sens le mouvement lent pour l'avance et dans le sens opposé le mouvement rapide pour le retour. L'avance est donc continue et non intermittente, comme dans la machine non automatique.

La division des dents se fait automatiquement de la façon suivante : au moment où le mouvement de retour se termine, un taquet, porté par le secteur placé en arrière, vient rencontrer un butoir, se soulève, et, par un mouvement de leviers, libère une roue qui,

entraînée par un mouvement à friction, fait un tour en entraînant les roues de série combinées pour la division, puis s'enclenche de nouveau. Ces roues de série, par l'intermédiaire d'un joint universel et d'une vis sans fin, commandent la roue à vis sans fin qui est montée sur le chariot porte-roue et disposée pour la division.

Quant au taillage en hélice, il est obtenu par la combinaison d'une rotation de la roue autour de son axe, en même temps que se produit le mouvement de va-et-vient du burin. Dans les machines uniquement disposées pour la taille droite, le gabarit est appuyé par un poids tendeur sur une touche fixée à un bras rapporté sur le bâti et l'arbre porte-pièce ne pivote sur lui-même que pour reproduire la forme du gabarit. Dans la machine Bouhey, le couteau est animé d'un mouvement de va-et-vient par l'intermédiaire de bielles et manivelles commandées par le mouvement de va-et-vient du chariot porte-outil; il communique ce mouvement au gabarit et le fait osciller ainsi que la roue elle-même autour de l'axe de la douille porte-pièce. Le guide du porte-couteau a une courbe calculée de façon que le point de contact du gabarit et du couteau soit toujours le même pendant la durée de l'oscillation.

La *machine Gleason* permet de tailler également d'une façon complètement automatique des roues à dents droites, à n'importe quel angle, dans le rapport de 8 à 1, mais ici c'est l'outil qui est animé de tous les mouvements et de tous les déplacements nécessaires.

La poupée sur laquelle se monte l'engrenage est horizontale et peut être déplacée le long de son axe, de façon que le sommet du cône de la roue à tailler coïncide exactement avec le centre de la machine, c'est-à-dire avec le centre d'oscillation du chariot porte-outil; lorsque la poupée est réglée et bloquée en position, la pièce à tailler reste immobile pendant la taille d'une dent; puis, lorsque l'outil, par un retour rapide, s'est dégagé de la dent, la division se fait automatiquement au moyen d'un système de roue et de vis sans fin commandé par un mécanisme à friction, qui a quelque analogie avec le système employé dans la machine Bouhey.

Le secteur qui supporte le chariot porte-outil peut être orienté sur un plateau horizontal demi-circulaire à la demande de l'angle au sommet du cône, puis bloqué en position; le porte-outil est actionné dans une glissière d'un mouvement de va-et-vient, muni d'un retour rapide Whitworth; mais, de plus, pour donner le serrage à l'outil, la glissière est animée de deux mouvements d'oscillation, l'un horizontal et l'autre vertical, qui sont combinés de telle sorte que les génératrices engendrées par l'outil dans sa course passent toujours par le centre d'oscillation, c'est-à-dire par le sommet du cône. Le mouvement horizontal est automatique et continu; sa course est réglable au moyen de taquets suivant la hauteur de la dent à tailler; arrivé à fond de course, l'outil retourne rapidement en sens inverse pour laisser la roue faire sa division avant de passer sur la dent suivante. Ce mouvement, dans un sens ou dans l'autre, est obtenu par l'engrènement d'un pignon fixé à l'extrémité de la glissière avec la crémaillère portée par le secteur. Il est communiqué de l'arbre principal de la machine au pignon, au moyen d'une vis sans fin, qui peut recevoir deux vitesses différentes en sens inverse suivant qu'elle est commandée

par l'un ou l'autre de deux embrayages à griffes dont le déplacement est assuré par les taquets. Une disposition permet même de ne pas rendre instantané le retour en arrière et, après avoir débrayé le mouvement lent et embrayé le retour rapide, de laisser une des roues qui produit l'entraînement faire un tour à vide, sans entraîner la vis sans fin, de façon à laisser l'outil achever sa passe sans serrage. Quant au mouvement vertical

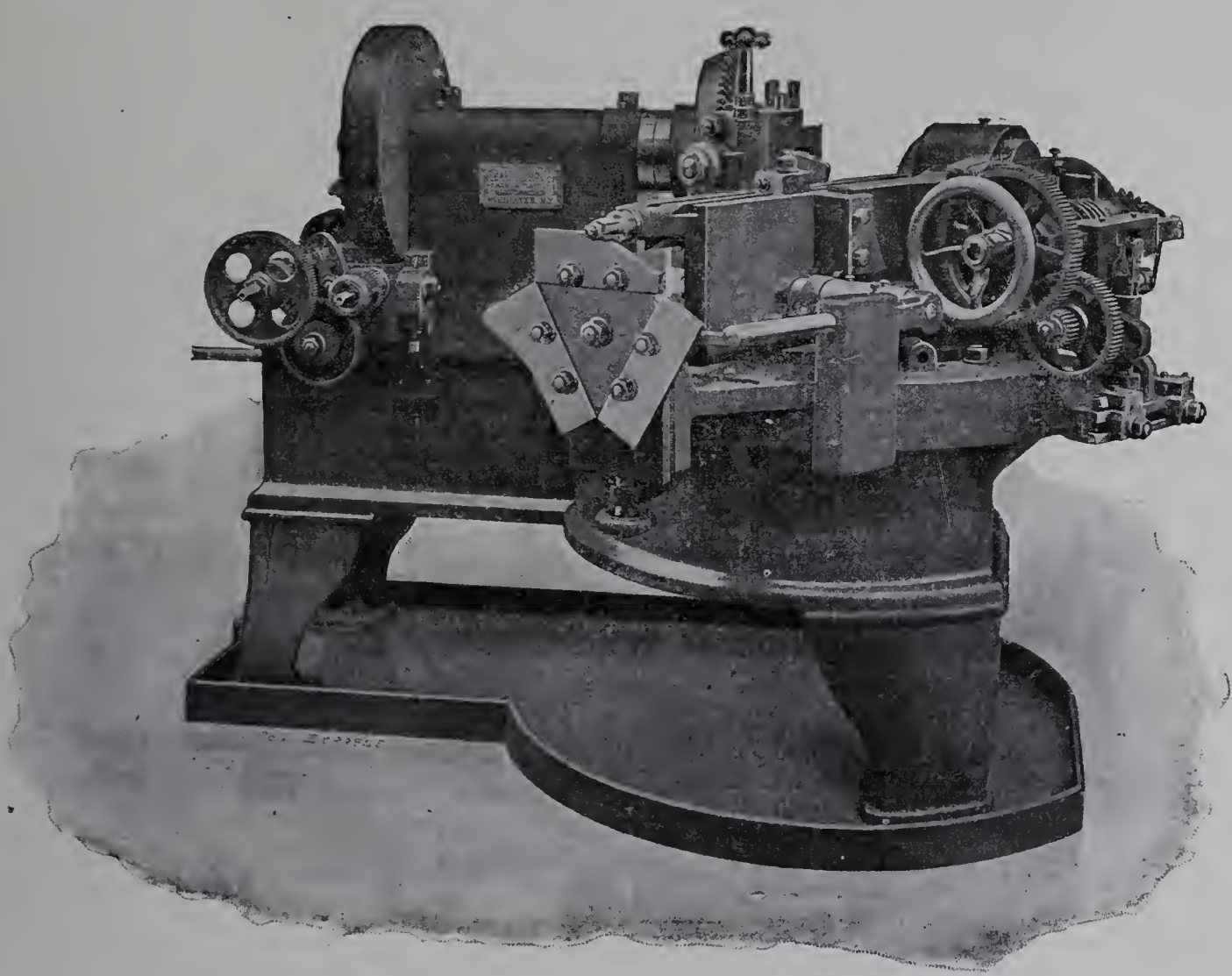


Fig. 163. — Machine Gleason à tailler automatiquement les roues d'angle jusqu'à 610 millimètres de diamètre.

d'oscillation, il est obtenu par l'appui d'un galet placé à l'extrémité de la glissière sur un gabarit fixé au secteur.

Le gabarit comporte également trois formes, l'une rectiligne pour le défonçage, et deux curvilignes correspondant au profil de chacun des côtés des dents.

L'outil employé dans le défonçage est à double taillant et travaille à l'aller et au retour.

Dans *le plus fort modèle de la Société d'Oerlikon* (fig. 164), la division des dents est faite à la main, mais la taille de deux flancs opposés d'une même dent est opérée simultanément par deux burins qui se meuvent en sens inverse; la roue reste fixe pendant le travail, comme dans la machine Gleason, et ce sont les outils qui reçoivent les déplacements nécessaires pour venir successivement raboter les génératrices opposées d'une même dent. Le bâti de la machine présente une glissière dentée circulaire sur laquelle peut se déplacer la sellette qui supporte l'arbre porte-roue normalement à sa base. L'arc denté est

concentrique à un tourillon horizontal, axe principal de toute la machine; par un réglage préalable, on fait coïncider le sommet du cône de la roue à tailler avec cet axe en même temps qu'on donne à la pièce l'inclinaison convenable. C'est autour de ce même axe que tourne verticalement la partie supérieure du mécanisme, qui supporte et commande les glissières porte-outils; ces glissières peuvent osciller, en outre, horizontalement autour d'un centre commun, situé à l'aplomb du sommet du cône; leurs extrémités sont actionnées par des contrepoids tendant constamment à leur faire prendre appui sur les gabarits qui sont supportés par le bâti de la machine. Le mouvement de va-et-vient des outils est obtenu par l'engrènement, en deux points opposés, d'un même pignon avec deux crémaillères disposées à l'intérieur des glissières; ce pignon est monté sur un axe vertical et reçoit un mouvement alternatif d'un secteur denté actionné par un disque à manivelle, qui lui-même est commandé par l'arbre principal de la machine au moyen d'une roue et d'une vis sans fin. L'une des crémaillères actionne au retour le mécanisme d'encliquetage destiné à donner le fer aux outils en faisant pivoter l'ensemble des deux glissières autour de l'axe central, en même temps que l'action des contrepoids les fait osciller horizontalement et suivre par conséquent le contour des guides.

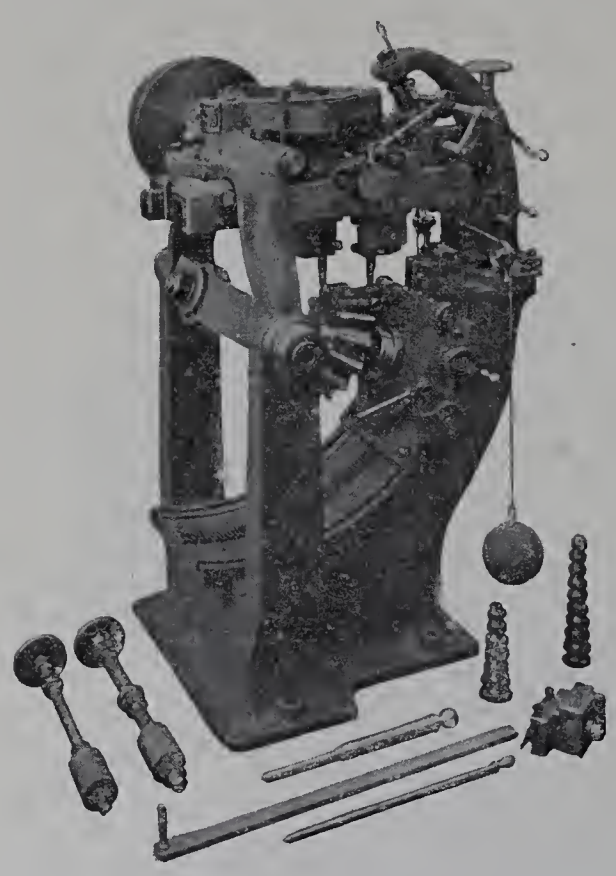


Fig. 164. — Raboteuse de roues à deux outils pour engrenages coniques jusqu'à 500 millimètres de diamètre (Oerlikon).

Lorsqu'on veut pratiquer des saignées dans des roues pleines, un outil fixé sur une des crémaillères exécute seul ce travail préliminaire.

4° **Machines à tailler les engrenages coniques sans reproducteur.** — Deux constructeurs, MM. Smith et Coventry, dans la section anglaise, et M. Ernault, dans la section française, en utilisant certaines propriétés des engrenages à développantes de cercle, ont construit des machines qui permettent de tailler, automatiquement et sans reproducteur, les engrenages coniques.

Machine à tailler les engrenages d'angle, Smith et Coventry. — La machine de MM. Smith et Coventry permet de tailler les engrenages d'angle jusqu'à 500 millimètres de diamètre; elle rabote les deux faces de la dent à la fois et leur donne une forme d'autant plus approchée de la développante, ou du moins de l'arc de cercle qu'on lui substitue, que le demi-angle au sommet est plus voisin de 45 degrés. Deux couteaux animés d'un mouvement de va-et-vient tracent simultanément deux génératrices oppo-

sées d'une dent et font successivement le même travail sur chacune des dents; puis, après une rotation complète de la roue, ils s'écartent pour tracer les deux génératrices voisines, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'ils aient atteint la base de toutes les dents.

Le mouvement de va-et-vient des deux outils a lieu dans un plan vertical suivant des droites également inclinées sur la ligne d'axe horizontal et dirigées sans cesse vers le centre de la machine, avec lequel on fait coïncider le sommet du cône à tailler. La roue

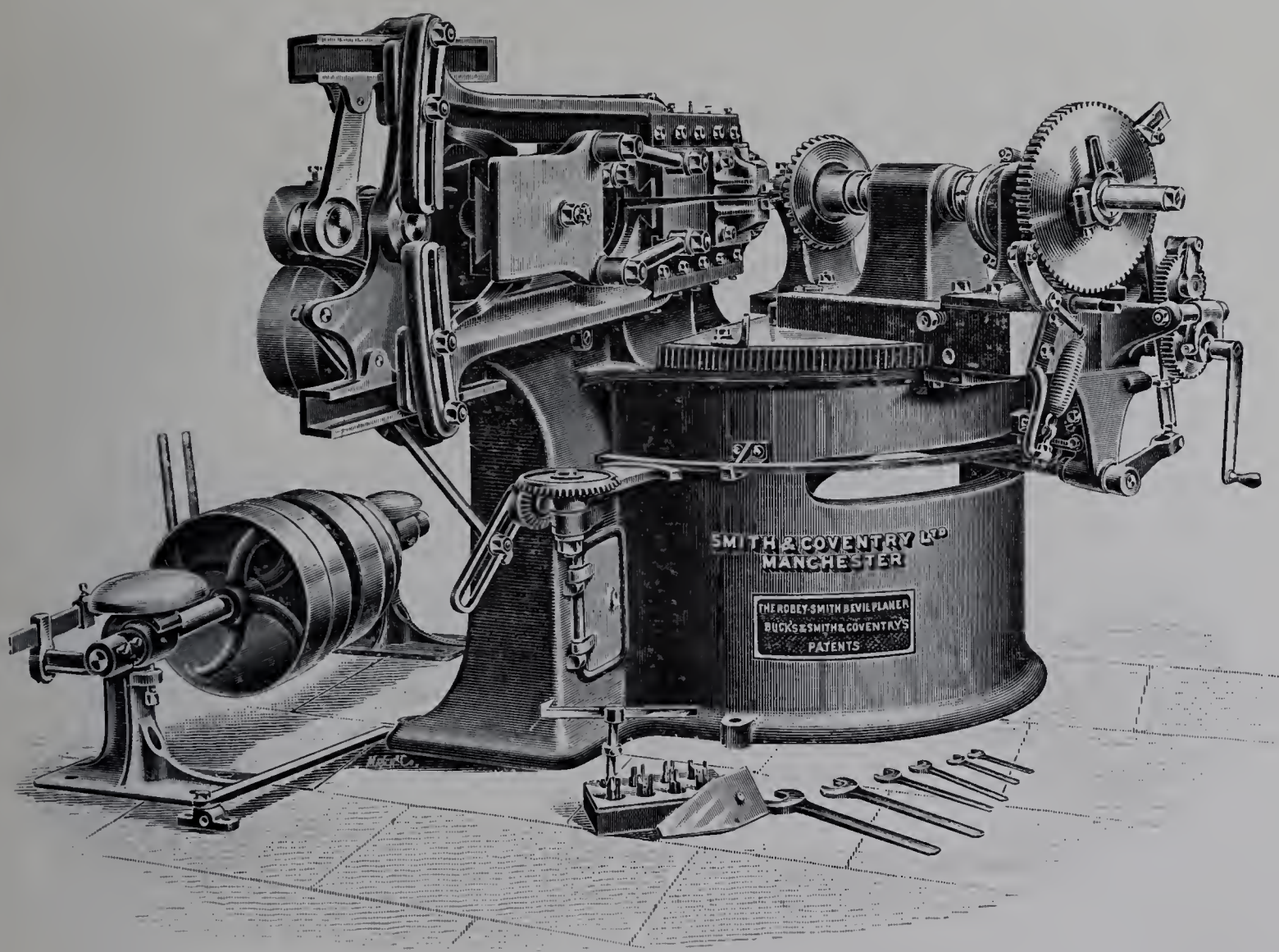


Fig. 165. — Machines Smith et Coventry à tailler les engrenages d'angle jusqu'à 500 millimètres de diamètre.

est montée sur un axe horizontal; elle est animée d'abord d'un mouvement intermittent autour de cet axe pour faire la division, puis d'un mouvement également intermittent autour d'un axe vertical passant par le sommet du cône, pour donner le fer aux outils, qui, par un mouvement connexe, s'écartent en même temps de la quantité convenable.

Les outils sont constitués par des couteaux arrondis suivant le raccordement du fond de la dent. Leurs supports se meuvent dans deux glissières qui peuvent simultanément s'ouvrir ou se fermer, en oscillant autour du centre de la machine; ils sont actionnés par deux bielles qui leur communiquent le mouvement qu'elles reçoivent de l'arbre de la machine par le moyen d'une manivelle. Les glissières portent en prolongement deux

IMPRIMERIE NATIONALE.

quadrants, sur lesquels sont boulonnées deux pièces dont les extrémités pénètrent dans deux glissières parallèles H, H′ (fig. 166) qui forment les côtés extérieurs d'un parallélogramme articulé, dont la ligne médiane est située sur la ligne d'axe de la machine. Les

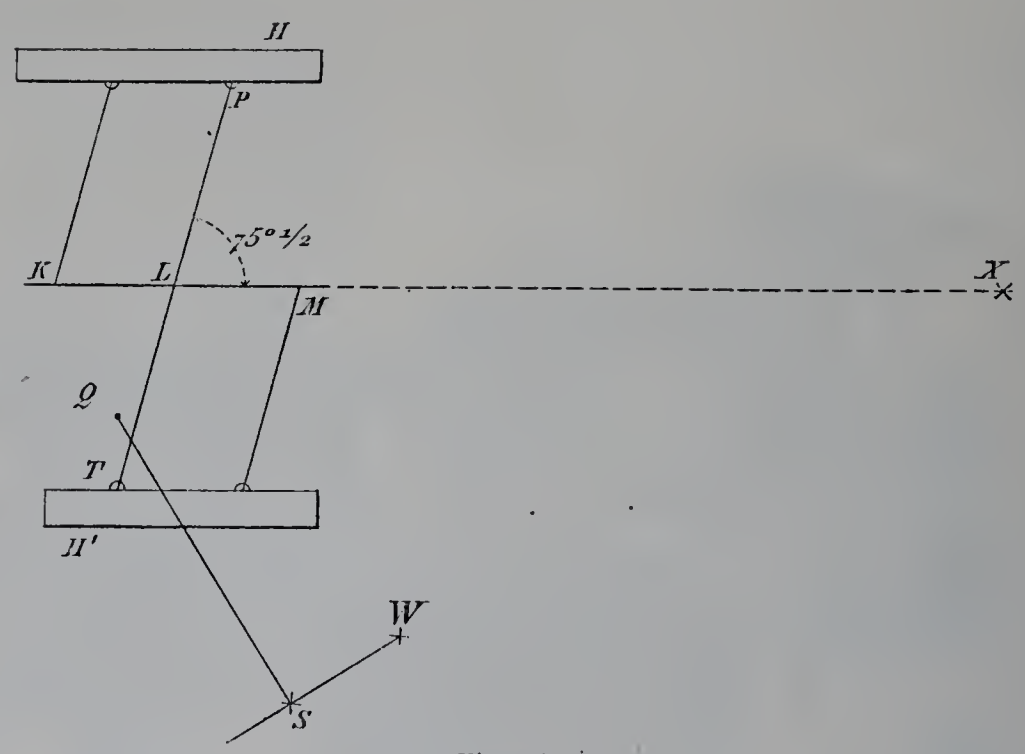


Fig. 166.

trois points KLM de cette ligne médiane étant fixes, si le levier PLT tourne autour du point L, les deux glissières H et H′ se rapprochent ou s'écartent de la ligne d'axe de la

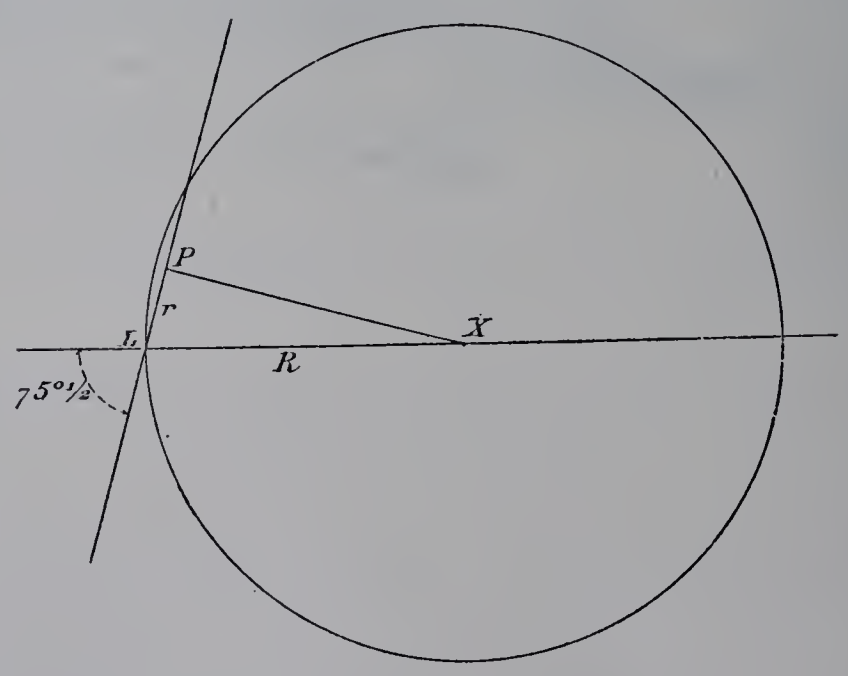


Fig. 167.

même quantité, tout en restant parallèles, et entraînent le rapprochement ou l'écartement des arêtes coupantes des outils. Ce mouvement du levier PLT est obtenu en temps et en quantité voulus par le déplacement circulaire de la roue de la façon suivante : le levier porte un prolongement auquel est relié l'extrémité Q d'une bielle QS, dont l'autre

extrémité S est fixée dans une position déterminée sur une manivelle qui peut osciller autour du point W. Cette manivelle reçoit son mouvement d'oscillation de deux pignons d'angle dont l'un est relié à la bielle et dont l'autre est relié à un secteur denté qui engrène avec une crémaillère fixée au chariot qui supporte la roue et son appareil diviseur, Après que la roue a fait un tour complet sur elle-même, le chariot reçoit un déplacement circulaire au moyen d'une vis sans fin qui engrène avec une crémaillère circulaire; en même temps qu'il pivote, ainsi que la roue à tailler, il fait osciller le levier PLT par l'intermédiaire du secteur denté, des pignons d'angle et de la bielle QS; les glissières H et H′ s'écartent et la distance entre les arêtes coupantes des outils augmente.

Nous allons examiner maintenant comment les déformations du parallélogramme peuvent remplacer le gabarit des machines à reproducteur.

MM. Smith et Coventry se proposent d'appliquer à la forme des dents le tracé de Willis par un seul arc de cercle, en inclinant de 75 degrés et demi la droite de contact sur la ligne des centres. Dans le cas qui nous occupe (fig. 167), le rayon LP$=r$ de la dent a pour valeur, en appelant R le rayon primitif :

$$r = \mathrm{R} \cos 75^\circ 1/2 = \tfrac{1}{4}\,\mathrm{R}.$$

Si, de plus, on suppose que le rapport des pignons conjugués est égal à 1, c'est-à-dire que le demi-angle au sommet est de 45 degrés, le rayon du cercle primitif qui est égal à la génératrice du cône complémentaire sera égal à la génératrice du cône à tailler. Le rayon LP du levier du parallélogramme pourra donc être pris égal au quart de la distance du point L au sommet du cône, c'est-à-dire au centre d'articulation des glissières. Le point P du parallélogramme décrira, dans le voisinage de la position initiale P correspondant au cercle primitif, l'arc P′PP″ (fig. 168), les glissières s'abaisseront de la quantité dy, pour un déplacement horizontal dx; et, si, perpendiculairement au plan du parallélogramme, la roue pivote en même temps et se déplace de dx, la ligne décrite sur la surface prolongée de la dent par le point P du levier sera l'arc de cercle en question. Or le

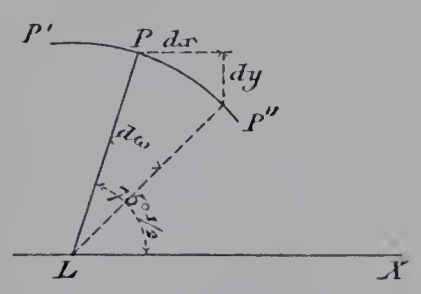


Fig. 168.

point P de la surface prolongée de la dent oscille autour du centre de la machine à l'extrémité d'un rayon égal à R, le point P du parallélogramme oscille en même temps autour de L à l'extrémité d'un rayon égal à R/4, le déplacement angulaire $d\omega$ du parallélogramme devra donc être égal à quatre fois le déplacement $d\alpha$ de la roue.

Pour des pignons conjugués de rapport différent de 1, le levier LR ne devra plus être pris égal au quart de la distance au sommet; pour tenir compte de la différence, sans

changer la longueur du levier, on fait varier l'abaissement dy pour un même déplacement dx en faisant varier la position du point d'attache S de la bielle sur la manivelle de centre W. Mais comme il est en même temps nécessaire de changer l'angle entre les couteaux, les quadrants reliés aux glissières ont une graduation qui permet de déplacer les pièces de liaison avec les glissières horizontales du parallélogramme.

Tailleuse automatique pour pignons coniques hélicoïdaux, système Monneret (Ernault). — La machine exposée par M. Ernault permet de tailler automatiquement sans appareil diviseur et sans gabarit reproducteur des pignons coniques hélicoïdaux dont le profil des dents est en forme de développante. Le pignon en usinage tourne d'une façon continue; l'outil fait la division en traçant successivement sur chaque dent une génératrice de la surface hélicoïdale. La machine fait d'abord un flanc de toutes les dents et s'arrête automatiquement; ensuite, après réglage de l'épaisseur de la dent, elle fait l'autre flanc; elle permet de tailler, jusqu'à 450 millimètres de diamètre, tous les pignons coniques, quel que soit leur angle au sommet, c'est-à-dire quel que soit le rapport des deux pignons conjugués.

Les deux mécanismes suivants constituent la caractéristique de la machine :

1° Mécanisme automatique donnant à la dent la forme en développante;

2° Mécanisme faisant la denture en hélice en même temps que la division.

1° *Mécanisme automatique donnant à la dent la forme en développante.* — Ce mécanisme est basé sur la propriété de la développante dont nous avons déjà trouvé des applica-

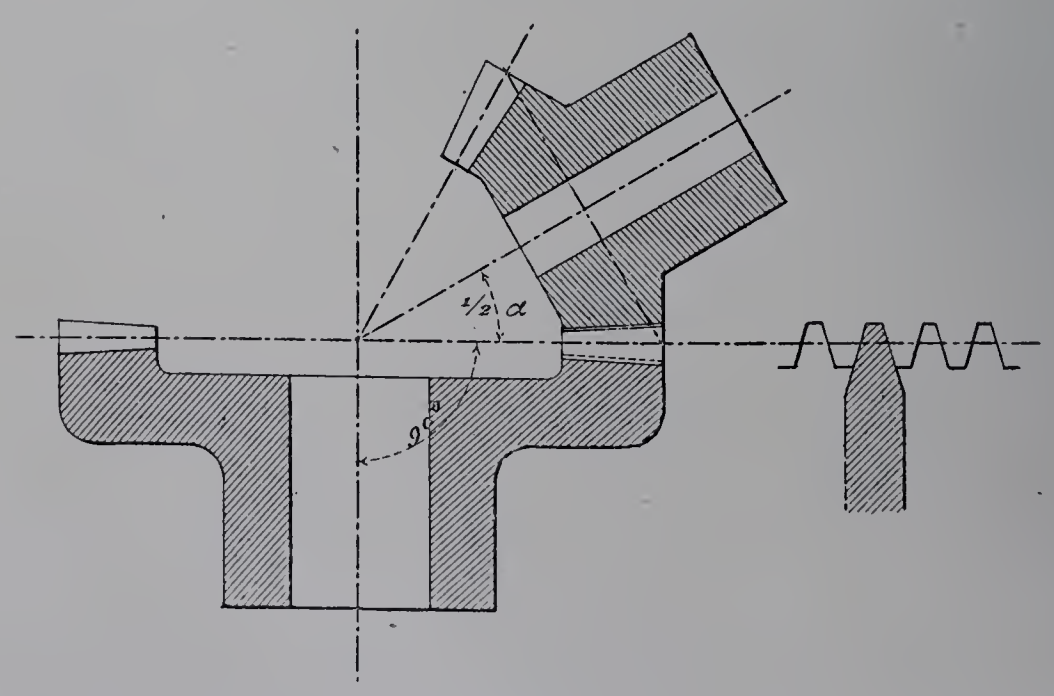


Fig. 169.

tions dans la taille des engrenages cylindriques. Deux roues de même pas à denture à développante engrènent toujours entre elles, quel que soit leur nombre de dents; si, parmi ces roues, nous considérons la roue-limite pour laquelle le demi-angle au sommet

est de 90 degrés, toutes les roues qui engrèneront avec cette dernière engrèneront entre elles. Le cône complémentaire de la roue-limite étant un cylindre, la forme des

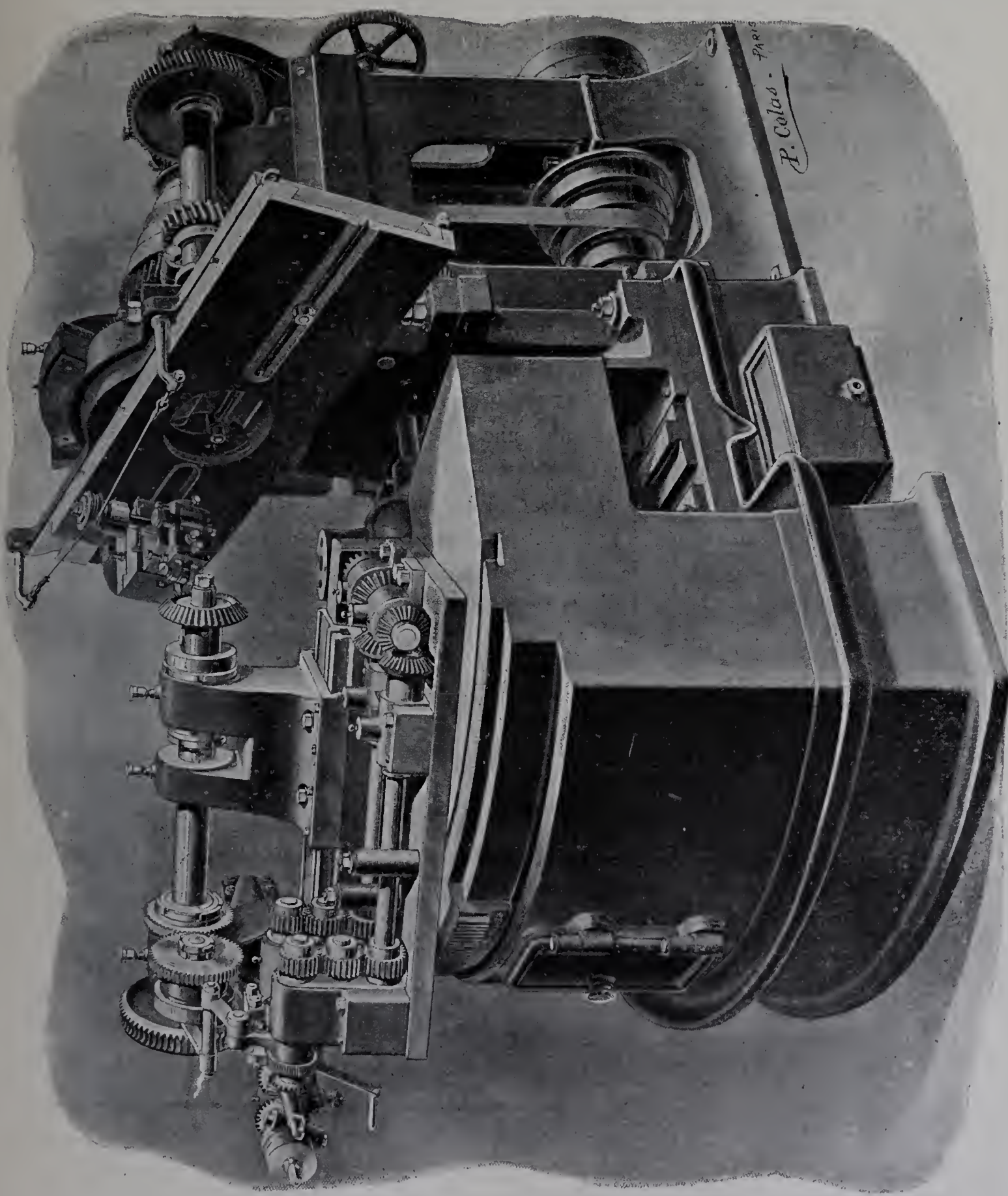


Fig. 170. — Tailleuse automatique pour pignons coniques hélicoïdaux, système Monneret, construite par M. Ernault.

dents de cette roue sera celle d'une crémaillère, c'est-à-dire à flancs formés par des droites. Il suffit donc de faire engrener les pignons à tailler avec la roue-limite en leur communiquant le mouvement de roulement qu'ils auraient s'ils engrenaient ensemble,

pour que cette roue-limite taille, sur le pignon en œuvre, la dent en forme de développante. Le même résultat est obtenu si, au lieu d'une véritable roue-limite, on emploie un outil à flancs droits, auquel on fait engendrer la surface de la roue-limite elle-même. Il suffira donc de donner à l'outil un mouvement rectiligne au sommet, de façon à lui faire engendrer une dent de la roue-limite à laquelle on communiquera le mouvement de rotation convenable pour rouler avec le pignon en usinage comme si l'engrènement avait lieu; mais ce roulement ne devra se faire qu'à chaque tour du pignon en œuvre, quand l'outil aura fait une passe sur chaque dent.

Si $1/2\ \alpha$ est le $1/2$ angle au sommet du cône primitif du pignon à tailler (fig. 169), le rapport des vitesses angulaires à donner au pignon et à l'outil sera :

$$\frac{\text{V. ang. de l'outil}}{\text{V. ang. du pignon}} = \sin 1/2\ \alpha.$$

2° *Mécanisme faisant la denture en hélice en même temps que la division.* — La division est obtenue en utilisant le mouvement qui donne la forme hélicoïdale à la denture. L'outil est animé d'un mouvement alternatif rectiligne en même temps que le pignon tourne sur lui-même d'un mouvement de rotation continu. La connexion des deux mouvements est faite par un harnais de quatre roues variables que l'on combine de telle sorte que le nombre de tours du manneton, conduisant le mouvement rectiligne de l'outil, soit au nombre de tours du pignon dans le rapport du nombre de dents à tailler. Si donc le pignon a N dents, l'outil devra faire un aller et retour chaque fois que le pignon aura tourné de $\frac{1}{N}$ de tour. L'outil, faisant une passe sur chacune des dents, trace une division absolument rigoureuse et décrit une courbe hélicoïdale dont l'inclinaison ne dépend que du nombre de dents et de la course de l'outil. Quand on voudra tailler le pignon conjugué, on ne changera pas la course de l'outil et on fera le montage du harnais suivant le nombre de dents de ce deuxième pignon, puis on changera le sens de l'hélice par la simple manœuvre d'une poignée sur la poupée.

Dans ces conditions, les deux pignons taillés engrèneront bien ensemble, car la course de l'outil sera la même pour les deux pignons ainsi que leur déplacement circonférentiel qui correspond à leur pas; dans le roulement l'un sur l'autre des deux cônes primitifs, les deux courbes hélicoïdales se recouvriront et auront sur une génératrice commune un point commun et la tangente commune.

La machine (fig. 170) est disposée pour réaliser ces deux mécanismes.

L'outil employé est un outil qui s'affûte sur le devant et dont les faces sont tracées à l'angle de la développante, en général à 20 degrés.

Le mouvement de rotation est reçu de la transmission par les poulies du renvoi fixé sur le bâti; il est réduit dans le rapport de 1 à 4 et transmis à l'arbre d'une poupée, qui, par l'intermédiaire d'un plateau-manivelle et d'une bielle, communique au chariot porte-outil un mouvement rectiligne alternatif à course variable. L'outil peut se régler au sommet du cône en position et en inclinaison par quatre chariots juxtaposés qui

permettent : 1° deux chariots rectilignes perpendiculaires de le régler en position au sommet; 2° un chariot circulaire d'incliner la pente de l'outil à l'angle voulu; 3° une roue de vis sans fin de faire tourner l'outil sur lui-même pour l'empêcher de talonner, en le plaçant suivant l'axe de l'hélice. Un mécanisme de relevage automatique de l'outil l'empêche de frotter au retour et assure sa butée sur une vis-arrêtoir pendant le travail.

La pièce à usiner est fixée à une poupée porte-pièce, soit sur plateau, soit sur l'arbre lui-même. Cette poupée peut se déplacer le long de son axe de façon à faire coïncider le sommet du cône à tailler avec le centre géométrique de la machine; elle est portée par un chariot circulaire qui par manivelle, engrenages et vis sans fin peut tourner horizontalement autour du même centre, puis être bloquée dans une position telle que le fond de la denture soit dans le plan décrit par l'extrémité de l'outil.

Le mouvement qui donne automatiquement la division et la taille hélicoïdale est obtenu de la façon suivante : le mouvement de rotation du cône du renvoi qui est situé sur la machine, et tourne quatre fois plus vite que l'arbre porte-manivelle, est transmis au harnais extérieur des quatre roues variables par l'intermédiaire d'un mécanisme de changement de marche qui sert à changer le sens de l'hélice. Ce mouvement de rotation est communiqué par une série de roues coniques, qui assurent la transmission, dans toutes les positions du chariot circulaire, à une vis sans fin actionnant une roue de soixante-quatre dents, qui, par clavette et rainure longue, fait tourner l'arbre de la tête porte-pièce et par suite le pignon à usiner lui-même. La roue sans fin ayant soixante-quatre dents et l'arbre de renvoi tournant quatre fois plus vite que l'outil, il est facile, étant donné le nombre de dents, de déterminer les roues à monter sur le harnais.

Le mécanisme suivant permet de donner aux dents la forme de développante : nous avons vu que le rapport entre les vitesses angulaires de l'outil et du pignon à tailler autour de leur axe respectif devait être :

$$\frac{\text{V. ang. de l'outil}}{\text{V. ang. du pignon}} = \sin 1/2\ \alpha.$$

$1/2\ \alpha$ étant le $1/2$ angle au sommet du cône primitif; par approximation on prend pour $1/2\ \alpha$ le $1/2$ angle au sommet du fond de la dent; ce roulement doit se faire à chaque tour du pignon en œuvre et seulement quand l'outil a fait une passe sur chaque dent.

Le mouvement est transmis du pignon à l'outil; il est pris sur la roue de vis sans fin de la tête porte-pièce et communiqué à un plateau qui permet de faire varier l'avance d'un rochet. Le mouvement du rochet est transmis d'une part à une vis dont l'écrou mobile mène la vis sans fin et, la faisant agir comme le ferait une crémaillère engrenant avec la roue de vis sans fin de soixante-quatre dents, donne le mouvement de roulement au pignon à tailler; il est transmis d'autre part, par l'intermédiaire d'une série de pignons coniques qui assurent l'engrènement dans toutes les positions du système, à une vis dont

l'écrou sur une droite parallèle suit le même chemin que l'écrou qui mène la vis sans fin précédente. Cet écrou mène un système de deux chariots perpendiculaires qui se déplaceront suivant les côtés du triangle rectangle dont l'hypoténuse est la droite décrite

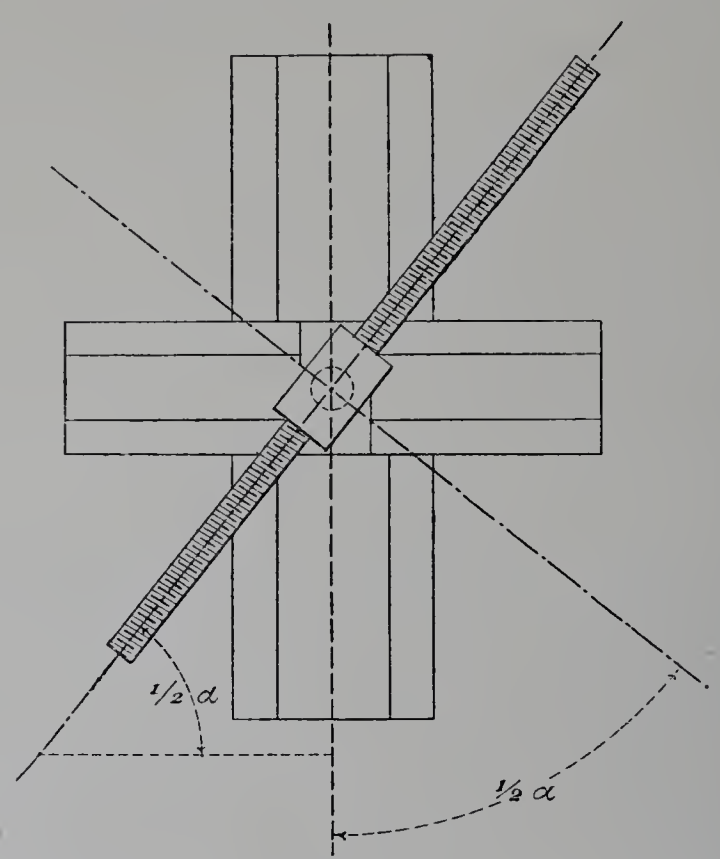


Fig. 171.

par l'écrou. Or, comme par la manœuvre même du réglage du pignon la vis fait l'angle $1/2\ \alpha$ avec le chariot transversal, il s'ensuit que ce chariot muni d'une crémaillère parcourt le chemin de l'écrou multiplié par $\sin 1/2\ \alpha$. C'est cet espace parcouru que l'on transmet à la roue d'oscillation de l'outil, par l'intermédiaire de roues dont les nombres de dents sont convenablement choisis pour réaliser entre les roulements de l'outil et du pignon le rapport des vitesses angulaires cherché $\sin 1/2\ \alpha$.

Ce mouvement de roulement se superpose, sans l'altérer, au mouvement de division hélicoïdal précédent.

Le débrayage automatique se règle à l'aide de butées, plans inclinés qui, agissant sur un déclenchement, permettent au levier de débrayage de suivre l'impulsion du ressort qui pousse la courroie sur la poulie folle. Les butées se déplacent par une crémaillère qui participe au mouvement d'oscillation de l'outil et donne la facilité de débrayer automatiquement aussi bien quand l'outil agit en montant qu'en descendant.

Quand un flanc est terminé, on débloque le serrage fendu de la vis sans fin et on fait tourner à la main cette vis du nombre de tours indiqué pour donner l'épaisseur, puis on rebloque le serrage fendu.

Pour la taille du pignon conjugué, on opère comme pour le premier pignon, en ayant soin de changer le sens de l'hélice et de conserver la même course pour l'outil.

III. MACHINES À TAILLER LES ROUES À VIS SANS FIN.

Un procédé généralement employé pour rectifier correctement les roues à vis sans fin consiste à se servir comme outil d'une vis sans fin de même forme que celle qui doit conduire, à laquelle on a donné des angles taillants, de façon à constituer une sorte de vis-mère ou taraud. Cette vis-mère, qu'on se contente souvent de monter sur une machine à fraiser ordinaire, est animée d'un mouvement lent de rotation et produit elle-même l'entraînement de la roue, en même temps qu'elle pénètre progressivement dans les dents en se rapprochant du centre; lorsqu'elle est descendue à la profondeur voulue, elle engrène complètement avec la roue qu'elle a taillée, et la fait tourner comme le fera plus tard la vis sans fin elle-même.

Les dents de la fraise sont dépouillées d'après le principe des fraises de forme invariable; elles peuvent être taillées par un procédé analogue à celui du tour pour fraises de

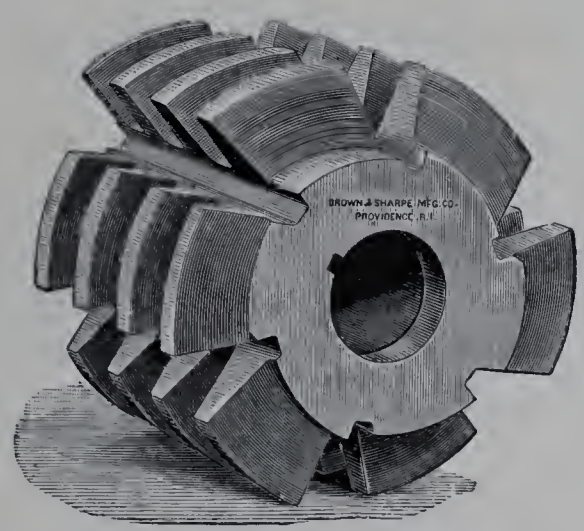


Fig. 172. — Vis-mère Brown et Sharpe à tailler les roues à vis sans fin.

forme hélicoïdales de M. Reinecker et s'affûtent sur le devant de la dent, en conservant leur profil; l'outil est généralement construit à un diamètre un peu plus grand que celui de la vis qui engrènera avec la roue, afin que les dents de cette dernière ne viennent pas talonner et surtout pour permettre d'affûter plusieurs fois la fraise sans qu'elle devienne plus petite en diamètre que la vis destinée à aller avec la roue; les principaux constructeurs, en particulier MM. Brown et Sharpe, exposaient des spécimens de vis-mère à tailler les roues à vis sans fin, répondant à ces conditions.

Une machine exposée par la *Grant Machine Tool Works* repose sur ce principe; la fraise en forme de vis-mère montée sur un axe horizontal est animée d'un mouvement lent de rotation, la roue à tailler, dont les dents ont été préalablement ébauchées à la fraise, est montée sur un plateau à axe vertical qui peut tourner librement, l'outil fraise et entraîne la roue, en même temps que le chariot porte-roue s'approche automatiquement par le mouvement d'un cliquet et déclenche, lorsque la fraise est arrivée à la profondeur voulue.

Le procédé, correct en théorie, est assez délicat à réaliser dans la pratique : l'outil est chargé de l'entraînement de la roue et quelquefois, surtout quand l'inclinaison de l'hélice est assez considérable, il tend à mordre dans le sens de l'inclinaison de l'hélice.

Nous avons vu d'autre part que les machines à tailler les roues cylindriques étaient susceptibles de tailler les roues à vis sans fin, lorsqu'on pouvait rendre le mouvement de rotation de la roue solidaire du mouvement de rotation de la fraise; on substitue alors à la fraise une vis-mère, qui n'est pas, comme dans le cas précédent, chargée de l'entraînement de la roue.

Les machines à tailler les engrenages cylindriques Huré, Gould et Eberhardt, Bouhey et du Progrès industriel permettent de réaliser ces conditions; le serrage se donne généralement à la main en faisant mouvoir le chariot de réglage de l'outil ou de la roue et en rapprochant l'axe de la vis-mère du centre de l'engrenage à tailler.

Quoi qu'on fasse, les dents de l'outil arrivent rapidement à s'user et à atteindre, après plusieurs affûtages, un diamètre qui n'est plus acceptable et exige la mise au rebut de la vis.

M. Reinecker exposait (fig. 173) une machine à tailler les roues à vis sans fin au moyen d'une vis-mère dont le mouvement de rotation est lié au mouvement de rotation de la roue; mais le sommet des premiers filets est abattu comme celui des tarauds et la vis pénètre tangentiellement à la roue, en ébauchant d'abord le sommet des dents, puis en pénétrant progressivement comme un taraud dans son écrou, jusqu'à ce qu'un des filets complets de la vis vienne par une passe très légère rectifier successivement toutes les dents de la roue.

Par ce procédé, le même outil ébauche et rectifie les dents; le dernier filet qui agit enlève fort peu de matière et conserve longtemps son diamètre; de plus, on peut toujours réserver un certain nombre de filets dont on ne disposera que successivement au fur et à mesure de l'usure des premiers. Dans ce cas, la vis-mère et la roue doivent avoir un deuxième mouvement connexe correspondant à l'avance de l'outil, cette deuxième rotation de la roue, en rapport avec l'avance de la vis, venant s'ajouter à la première.

La machine en question présente l'aspect général d'une machine à fraiser horizontale; l'arbre supporte d'un côté la roue à tailler, et de l'autre une roue diviseur actionnée par une vis sans fin, qui est montée sur une glissière susceptible de subir un déplacement tangentiellement à la roue. L'outil, qui est supporté par le chariot de la machine, reçoit également un mouvement de rotation. Ce double mouvement de rotation de la roue d'une part et de l'outil de l'autre est reçu de la commande d'un même arbre de la machine et transmis à l'outil par une série de pignons d'angle et d'engrenages, et à la roue par une série d'engrenages, roue et vis sans fin dont la combinaison donne le rapport convenable des vitesses.

Le mouvement d'avance tangentielle de l'outil et le mouvement correspondant de

la roue sont complètement indépendants du premier. Un arbre situé du côté opposé de la machine reçoit directement son mouvement de la transmission et le communique d'une part à la vis-mère du chariot de la machine par roue, vis sans fin et pignons

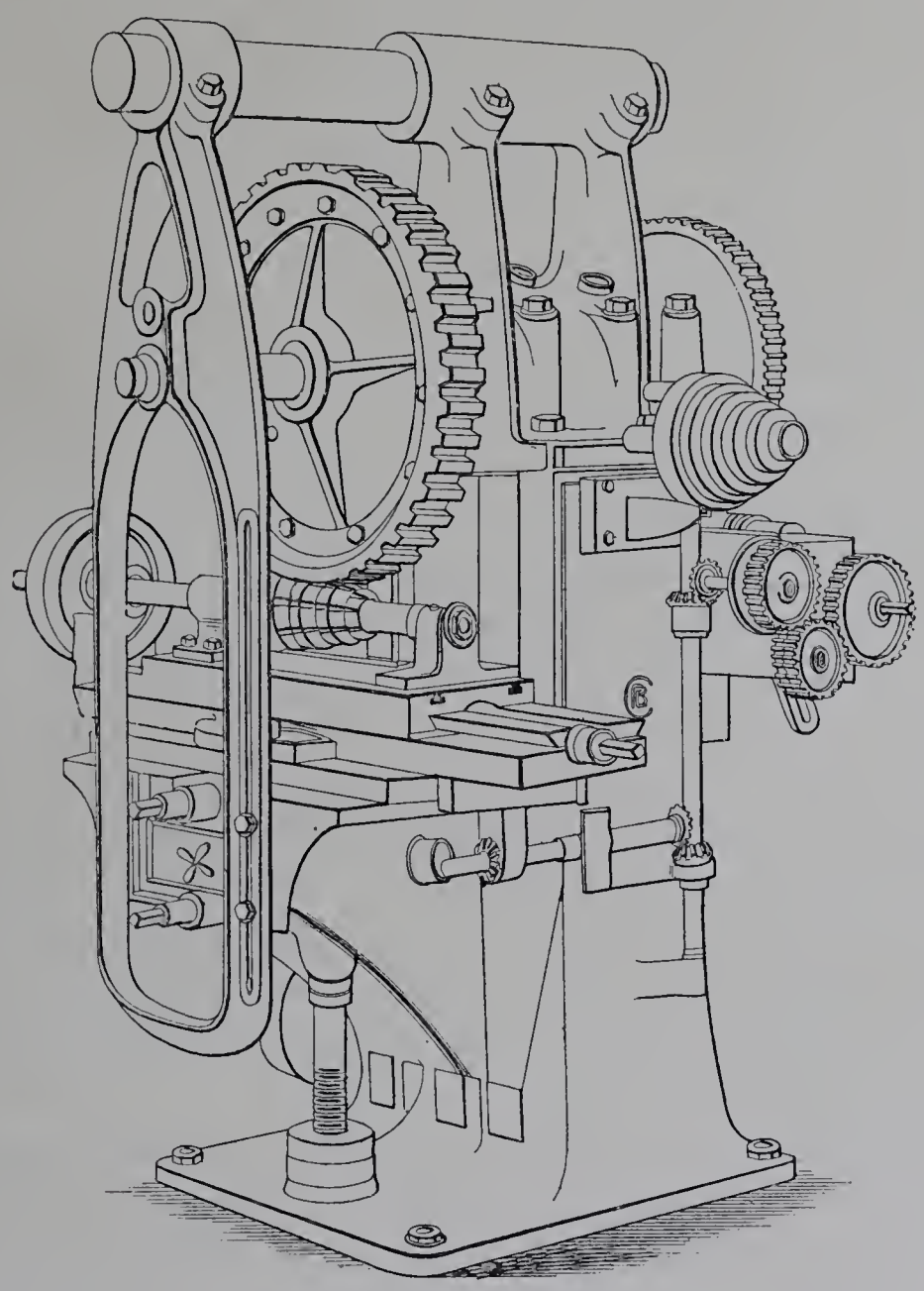


Fig. 173. — Machine à tailler les roues à vis sans fin (Reinecker).

d'angle, et d'autre part à la vis-mère de commande de la glissière, qui supporte la vis sans fin de commande du mouvement de rotation de la roue, par une série de roues dont la combinaison donne le rapport convenable des vitesses. En même temps que la vis-mère avance tangentiellement à la roue, la glissière fait avancer la vis-mère qui elle-même fait tourner la roue diviseur et donne à la roue à tailler le deuxième mouvement de rotation, qui vient s'ajouter au premier.

IV. MACHINES À TAILLER LES VIS SANS FIN.

Les vis sans fin sont des surfaces hélicoïdales; elles sont engendrées par le profil d'une dent ou filet, dont le plan passe constamment par l'axe de la vis, et les différents points

décrivent des hélices du même pas; elles comprennent donc un noyau cylindrique, sur lequel s'enroule en hélice le filet.

Le tour nous offre un mode de construction correct et précis de la vis sans fin, à l'aide d'un outil dont le plan de coupe a une section en rapport avec le profil du filet et dont tous les points décrivent des hélices de pas égal au pas de la vis; d'autre part, il est facile de se rendre compte qu'on ne saurait correctement façonner des vis sans fin au moyen d'outils qui, comme la fraise, engendrent les surfaces qu'elles taillent par l'enveloppe des positions de leur face coupante.

Supposons en effet que nous donnions à une fraise la forme du profil de la section du filet normalement à la tangente à une des hélices de la surface et que nous inclinions son axe de rotation normalement à cette tangente en nous proposant, pour engendrer la surface, de faire rouler la pièce sous la fraise et de la déplacer en même temps longitudinalement d'une quantité égale au pas, pour un tour de rotation. L'inclinaison de la fraise, suivant tous ses parallèles, est constante, tandis que, dans la surface hélicoïdale, l'inclinaison varie suivant le diamètre du cylindre sur lequel le point est enroulé. De plus, si l'on considère en particulier une hélice ayant comme inclinaison l'inclinaison même de la fraise et qu'on la développe sur le plan tangent à son cylindre au point d'attaque de l'outil, la fraise s'encastrera bien dans cette portion de filet développé; lorsque ensuite on enroulera cette hélice sur son cylindre, elle conservera l'inclinaison de la fraise, mais dans des azimuts différents; l'hélice projetée sur le plan en question présentera un point d'inflexion et la fraise, en travaillant, l'entamera.

Pour ces deux causes, la fraise, en roulant sur le cylindre, produira dans la surface du filet des recoupements d'autant plus considérables que son diamètre sera plus grand, que l'inclinaison de l'hélice sera plus forte, que la profondeur du filet sera plus considérable et que le profil sera moins ouvert.

Si nous considérons le cas d'une surface de vis à filet carré et que nous donnions à la fraise l'inclinaison de l'hélice de raccordement avec le noyau, cette fraise va tracer un filet qui, au fond, aura la largeur de la fraise et ira en s'élargissant jusqu'à l'extérieur. D'ailleurs, pour qu'une telle surface pût être engendrée par l'enveloppe des positions d'une face plane, il faudrait qu'elle pût être considérée comme l'enveloppe d'un plan entraîné dans le mouvement hélicoïdal, c'est-à-dire que ce fût un hélicoïde développable, ce qui n'est le cas ni des surfaces de vis à filet triangulaire, ni des surfaces de vis à filet carré.

Quoi qu'il en soit, dans bien des cas, on peut, en tenant compte du but qu'on se propose, se contenter de la fraise pour la taille des vis sans fin. Ainsi les roues cylindriques à dents en hélice ne sont que des éléments de vis sans fin à plusieurs filets et de pas allongé; nous avons vu qu'on les taillait couramment à la fraise; d'abord, l'outil a, dans ce cas, un faible diamètre par rapport au diamètre de la fraise à tailler; de plus, on prend pour section de la fraise la section normale à la tangente à l'hélice passant par le point de la circonférence primitive; la surface obtenue n'est exacte que pour les points situés sur la circonférence primitive, en restant plus ouverte pour les autres parties de la

section; il n'y a pas d'inconvénient à procéder ainsi, puisque le contact des roues en hélice n'a lieu que sur la circonférence primitive. Il en est de même pour la taille des vis sans fin qui doivent engrener avec les roues en hélice.

Dans le cas de la vis tangente, où, dans le but d'avoir un contact plus intime entre la vis et la roue, la jante en forme de tore embrasse la vis sans fin; on a parfois recours au taillage à la fraise, et M. Reinecker présentait une machine spécialement disposée dans ce but. Mais, dans les cas où on emploie la fraise, la vis a un assez grand diamètre, la forme du filet est ouverte et se prête à l'échappement, et enfin il s'agit de travaux de force plutôt que de précision.

Quant à la construction de pas de vis destinés à être montés sur des écrous, il existe depuis longtemps des machines destinées à ébaucher à la fraise les filets qui sont ensuite rectifiés sur le tour ou à la filière. Aujourd'hui, MM. Holroyd présentent une tentative originale et intéressante pour tailler à la fraise les filets carrés; la déformation du filet dépendant de la grandeur du pas, ce mode de filetage peut, dans certains cas, être acceptable pour les faibles inclinaisons, mais ne peut être considéré que comme un procédé d'ébauchage lorsque le pas de la vis atteint une certaine valeur; d'ailleurs, la machine peut comporter, comme nous le verrons, un outil de tour qui suit la fraise et rectifie son travail.

La machine de M. Reinecker à tailler les vis sans fin à la fraise est, pour ainsi dire, le complément de sa machine à tailler les roues. Elle est disposée comme une machine à fraiser horizontale à tête inclinable, de façon à donner à la fraise l'inclinaison correspondant à l'hélice de la vis; la tête de la machine, qui supporte l'outil, est montée sur un chariot pouvant se déplacer à la demande du pas à obtenir. La vis à tailler est montée sur un chariot horizontal pouvant s'approcher transversalement de la fraise; pendant le travail, elle possède le mouvement de rotation, en même temps que la fraise possède le mouvement de translation. Ces deux mouvements sont transmis d'un même cône de vitesse d'une part à la vis au moyen de deux jeux d'engrenages à vis sans fin, d'autre part au chariot qui supporte la fraise, par l'intermédiaire d'une série de roues montées sur une tête de cheval. Quant au mouvement de rotation de la fraise, il est complètement indépendant du premier et directement transmis d'un autre cône de vitesse à la fraise par pignons, roues et vis sans fin.

Dans la taille des vis à filets multiples, la division, pour passer d'un filet à un autre, est faite par le moyen d'une vis sans fin d'un diamètre plus petit que celle qui commande la rotation de la vis; cette vis est mue par un train d'engrenages, de façon à faire la division par un nombre entier de tours, sans fraction.

Dans la machine Holroyd à fileter les pas de vis à la fraise, l'outil est d'un type nouveau : il est fabriqué avec de la tôle d'acier au moyen d'une presse qui découpe les dents à chaud et leur donne la voie comme pour une scie; chaque dent est ensuite affûtée sur le dessus; puis, soit à droite, soit à gauche, suivant le sens de sa voie.

La fraise disposée au-dessus de la tige à fileter est portée par une poupée universelle munie des réglages nécessaires pour lui donner l'angle et la profondeur voulus; elle attaque la génératrice supérieure de la pièce et est animée d'un mouvement de rotation propre à sa coupe. Un renvoi actionne par engrenages la vis-mère qui donne l'avance à un chariot supportant un arbre creux dans lequel passe la barre à fileter. Cette barre est prise dans un mandrin et soutenue sous l'outil par un support en V réglable; elle est entraînée avec le chariot; de plus, une série de roues fait prendre à l'arbre et à la pièce le mouvement de rotation nécessaire pour obtenir le pas voulu. En fin de course, la vis-mère est débrayée, le chariot s'arrête, on relève vivement la fraise et on donne la marche rapide en arrière.

L'arbre porte-pièce est muni d'un diviseur pour le taillage des vis à deux, trois ou quatre filets.

Comme la fraise, par son mode d'action, ne peut faire théoriquement un filet correct, derrière elle, peut travailler un outil de tour ordinaire qui rectifie les flancs du filet et leur donne la forme exacte qu'ils doivent avoir.

Enfin une lubrification abondante de la fraise a l'avantage de supprimer l'échauffement qui, en raison de la dilatation de la pièce, produirait les déformations du filet.

Cette machine permet de fraiser les vis de 25 à 60 millimètres de diamètre et de 1 m. 20 de long, tandis que le pas peut varier de 4 à 50 millimètres. Un même ouvrier peut conduire plusieurs machines.

Nous terminerons par la description de la machine Baker, à fileter les tire-fond à la fraise, qui, en raison du procédé employé, nous a paru rentrer dans le présent chapitre.

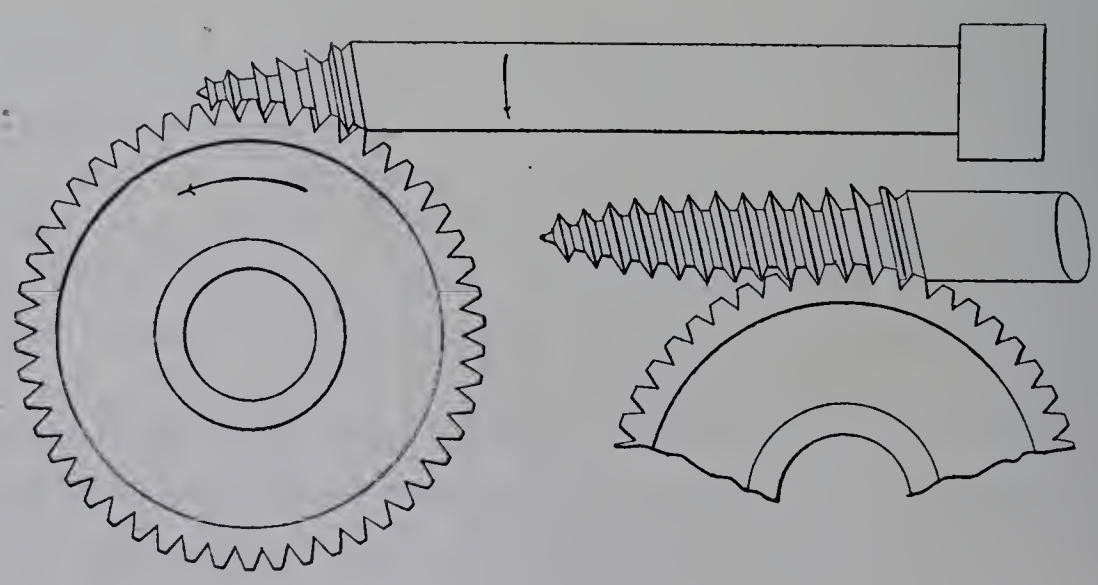


Fig. 174.

Machine à fileter les tire-fond à la fraise (Baker, frères). — Cette machine, d'invention toute récente, est disposée pour fileter automatiquement les tire-fond à la fraise; elle fait successivement, avec le même outil, la pointe, puis la partie cylindrique.

L'outil est constitué par une fraise dont la face coupante est située dans le plan horizontal qui passe par l'axe du tire-fond; cette fraise, dont les dents ont un pas égal au pas

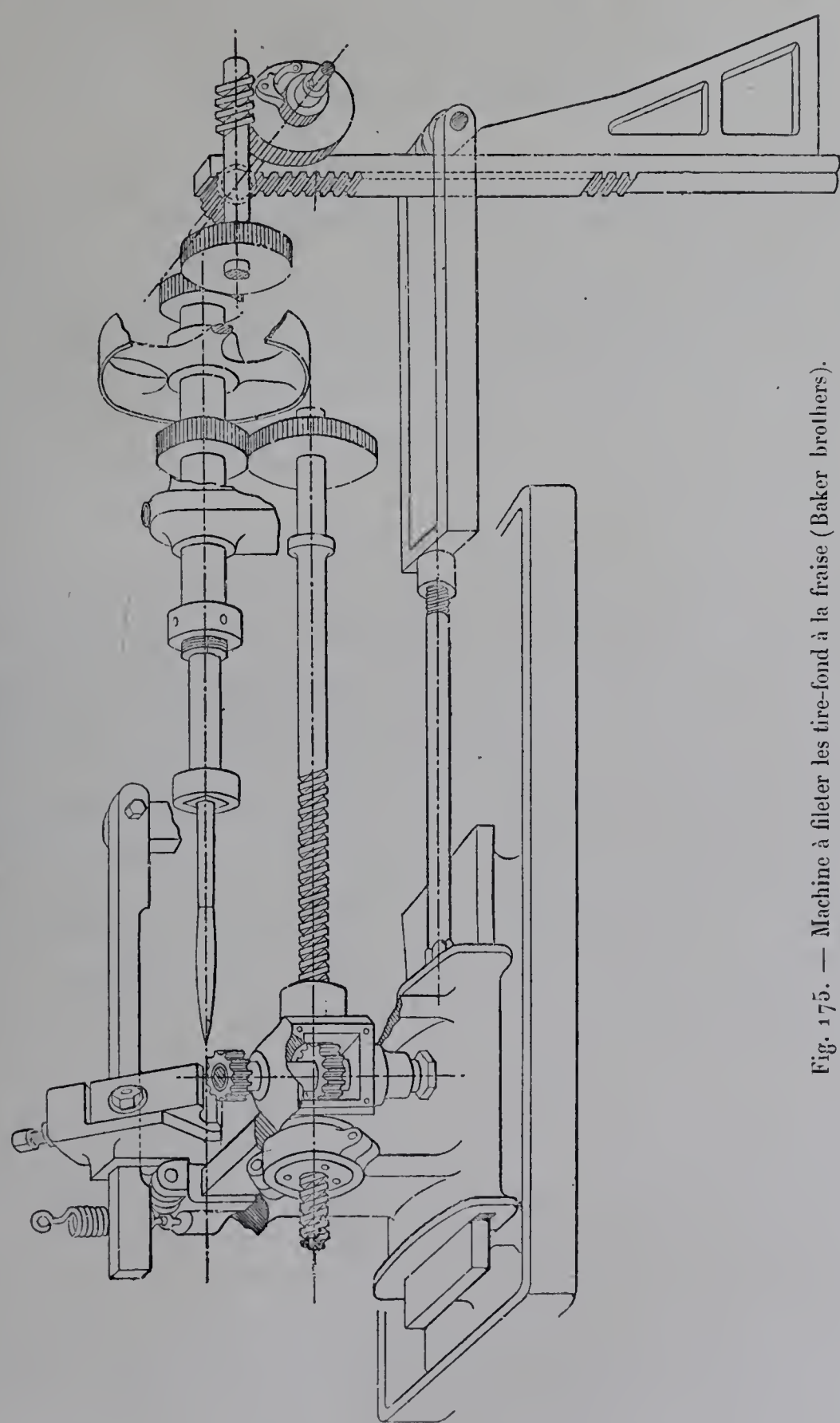


Fig. 175. — Machine à fileter les tire-fond à la fraise (Baker brothers).

de la vis du tire-fond et une inclinaison héliçoïdale correspondant à l'angle des filets, peut être considérée comme une roue de vis sans fin dont le tire-fond serait la vis (fig. 174).

La pièce à fileter est, d'abord tournée, et appointie sur une autre machine; elle est, ensuite, montée sur l'arbre de la poupée motrice pour subir l'opération du filetage.

Pendant que le tire-fond effectue un tour complet, la fraise, tout en entaillant les filets, tourne d'une dent et, par suite, d'une quantité correspondant au pas; de plus, elle est animée de deux mouvements obtenus au moyen de gabarits : l'un d'approche et d'éloignement de l'axe, l'autre de déplacement le long du tire-fond. Elle filette successivement la partie conique et la partie cylindrique, puis s'écarte de la pièce pendant le retour au point de départ.

Ces différents mouvements sont donnés de la façon suivante (fig. 175) :

La fraise reçoit son mouvement de rotation d'une roue dentée calée à l'extrémité inférieure de sa tige verticale et engrenant avec une vis sans fin qui est plus longue que le plus long des filetages pratiqués sur la machine; cette vis sans fin reçoit son mouvement de l'arbre de la poupée motrice par l'intermédiaire de deux roues dentées.

Le mouvement transversal de la fraise pour le filetage conique est obtenu par un pivotement autour de la vis sans fin d'avancement; ce pivotement est produit par l'appui d'un prolongement du chariot porte-fraise sur un gabarit dont le profil longitudinal correspond au profil du tire-fond.

Enfin l'avance du chariot porte-fraise est obtenue par l'appui sur un gabarit vertical d'un galet relié au chariot. Ce gabarit est soulevé par une crémaillère à pignon qui reçoit son mouvement de la poupée motrice de la machine par un train d'engrenages, de roue et de vis sans fin; il est profilé de façon que l'avancement du chariot varie suivant la vitesse à obtenir; cette vitesse est lente pendant le filetage de la pointe et plus rapide pendant la taille des filets de la partie cylindrique du tire-fond.

A la fin de la montée du gabarit, un toc ajustable provoque un débrayage automatique qui le laisse retomber avec une vitesse atténuée par un dahspot; le chariot retourne alors à sa position initiale et est prêt à recommencer une nouvelle opération.

La machine tourne continuellement; chaque pièce est rejetée dès qu'elle est terminée; le rôle de l'ouvrier consiste à monter une nouvelle pièce et à engager le mécanisme donnant l'avancement du chariot.

CHAPITRE X.

MEULES ET MACHINES À MEULER.

Meules artificielles. – Généralités sur les machines à meuler. – Machines à dresser les surfaces planes. Machines à rectifier les surfaces cylindriques et coniques. – Machines à affûter les outils de tour et de raboteuse. – Machines à affûter les forets hélicoïdaux. – Machines à affûter les fraises; Généralités : 1° machines à affûter sans reproducteur; 2° machine automatique à affûter sans reproducteur (Schmaltz); 3° machines à affûter avec reproducteur; machine à affûter de M. Kreutzberger. – Machines à affûter les scies. – Machines diverses : machines à rectifier l'intérieur des trous circulaires, machines à rectifier les coulisses de locomotives (Progrès Industriel), machines à rectifier les cônes et les cuvettes de bicyclettes (Pratt et Whitney).

MEULES ARTIFICIELLES.

Pendant longtemps, les meules en grès ont été les seules en usage; mais outre que leurs poussières sont insalubres, elles ont le grave inconvénient de renfermer souvent des défauts intérieurs d'homogénéité que leur aspect extérieur ne révèle pas; de plus, elles sont plus ou moins hygrométriques, et comme elles travaillent le plus souvent à l'eau, elles sont susceptibles de se désagréger. Aussi les meules artificielles, et parmi celles-ci les meules d'émeri, se sont, d'une façon presque complète, substituées aux meules naturelles, dont elles diffèrent par une plus grande dureté, une plus grande homogénéité et surtout par un grain variable à volonté suivant le résultat à obtenir.

D'après M. Arthur H. Batemau, dans une conférence qu'il fit, le 20 mars 1878, devant la Société des Arts de Londres, la première meule d'émeri aurait été brevetée par un Anglais, Henri Barclay, en 1842; c'était une meule vitrifiée; toutefois la tentative ne réussit pas parce qu'on n'avait alors que l'emploi de grandes meules et que le procédé employé ne permettait pas de faire des disques de plus de 200 à 250 millimètres de diamètre sans qu'ils se fêlent ou se voilent à la cuisson. D'autre part, il ne paraît pas douteux qu'à peu près à la même époque on fabriquait en France des meules agglomérées à la gomme laque; mais comme cette substance fond à 150 degrés, le procédé offrait des inconvénients, surtout pour les petits diamètres, en raison de l'échauffement rapide des meules; c'est pour remédier à ce défaut que, vers 1860, l'agglomérant à la gomme laque fut remplacé par le caoutchouc, puis par les ciments magnésiens à la suite des travaux de M. Sorel sur l'emploi de l'oxychlorure de magnésium comme agglomérant. Enfin, dans ces dernières années, un procédé par vitrification, venu d'Amérique et lancé par la Norton Emery Wheel C°, a déjà fait faire un pas considérable à la mécanique et semble appelé à un grand avenir, particulièrement pour les travaux de rectification et de précision.

Quoi qu'il en soit, la meule d'émeri est aujourd'hui d'un emploi général et ses appli-

IMPRIMERIE NATIONALE.

cations sont excessivement variées; mais après avoir été utilisée dans le travail des métaux, d'abord aux opérations d'ébarbage et de dégrossissage, qui peuvent souvent s'exécuter aujourd'hui par des procédés mécaniques, puis à l'affûtage des outils, elle tend de plus en plus à devenir un outil de rectification capable de dépasser la précision que les outils coupants sont impuissants à donner, et c'est là une évolution intéressante que nous devons enregistrer.

La meule artificielle se compose de grains plus ou moins gros, réunis par un agglomérant moins dur que le grain lui-même; la matière agglomérante s'use plus vite que le grain qui devient saillant et mord, comme le ferait une lime, la pièce qu'on lui présente; quelques-uns de ces grains s'émoussent, d'autres se détachent et de nouveaux grains venant à la surface continuent le travail. La meule pourrait être comparée à une lime qui se taille constamment, mais à une lime d'Allemagne si elle est à gros grains, à une lime bâtarde si elle est d'un grain moyen, et enfin à une lime fine si elle est d'un grain fin.

Les matières qui entrent dans la fabrication d'une meule artificielle sont donc de deux sortes : le grain aggloméré et la matière agglomérante.

Le grain entrant dans la fabrication d'une meule doit être assez dur pour rayer la matière qu'on veut user, et présenter des aspérités qui ne doivent pas s'user trop vite; la matière qui répond le mieux à cette condition est le corindon émeri, le plus dur de tous les corps connus après le diamant; c'est une alumine cristallisée mêlée à de l'oxyde de fer; sa composition varie suivant les gisements; elle renferme de 70 à 80 p. 100 d'alumine, 3 à 8 p. 100 d'oxyde de fer, puis une petite quantité de silice; sa couleur est brune, gris-bleuâtre ou rougeâtre; ses principaux gisements sont en Saxe, dans les îles de Jersey et de Guernesey, dans le Levant, à Naxos, et à Chester (Massachusetts). Si la dureté du diamant est représentée par 10, la dureté du grès serait de 7 à 7.5, la dureté du corindon émeri de Naxos 8, et celle de certains corindons plus purs, ceux d'Amérique par exemple, qui contiennent moins d'oxyde de fer, atteindrait 8.5.

On a également essayé d'utiliser des mordants artificiels : par exemple, la diamantite, qui serait un corindon artificiel composé d'un mélange d'alumine fondue au four électrique et d'une faible proportion de siliciure de litane et de carbone; le carborandum, qui serait un carbure silicé obtenu dans des fours à très haute température. Mais, jusqu'à ce jour, ces produits ne sont pas entrés dans la pratique courante.

Enfin le sable, le grès, la pierre à fusil, etc., qui sont moins durs que l'émeri et qui, cependant, attaquent tous les métaux, sont employés seuls ou concurremment avec l'émeri et donnent des produits bon marché désignés sous le nom de *meules en composition.*

L'émeri broyé est classé par grosseurs de grains à l'aide du tamisage et du minutage dans l'eau; il est ensuite mêlé à un agglomérant, comprimé parfois à la presse, puis séché ou cuit.

Les principaux agglomérants employés sont la gomme-laque, les ciments et le caoutchouc.

La gomme-laque (Avizard, Huard, Saint-Germain, Compagnie centrale des émeris)

est facilement fusible; si la température n'a pas été trop élevée, elle durcit de nouveau par le refroidissement. En mélangeant cette gomme-laque fondue avec le grain, on obtient un magma qu'on coule et qu'on presse dans un moule, et le mélange durcit par le refroidissement. Ces meules sont fusibles à la chaleur, ne sont pas hygrométriques et résistent aux acides faibles et à l'huile.

Le caoutchouc (Denis Poulot, Deplanque, Delaunay, Compagnie centrale des émeris, Schmaltz, Norton Emery Wheel C°), mélangé avec du soufre et chauffé ensuite à une température de 120 degrés environ, devient dur et perd en partie son élasticité; c'est sur ce principe de la vulcanisation du caoutchouc que repose la fabrication des meules. On incorpore avec le soufre, dans le caoutchouc naturel, débarrassé des matières étrangères, une certaine quantité de grains et on lamine la masse entre des cylindres chauds; la meule est ensuite découpée, soumise à une forte pression et chauffée dans une étuve où la vulcanisation s'achève. Ces meules restent un peu fusibles à la chaleur, ne sont pas hygrométriques et ne sont pas solubles dans l'eau; elles ne sont pas attaquées par les acides faibles et se dissolvent dans l'huile et les essences. Les fabricants de ces genres de meules attribuent à la matière une résistance à la traction de 100 kilogrammes par centimètre carré et le caoutchouc conserve suffisamment d'élasticité pour qu'on puisse en faire des meules de 1 millimètre et même 0 mm. 5 d'épaisseur qu'on utilise dans l'affûtage des scies.

La fabrication des meules au ciment magnésien (Kahn, Société des agglomérés magnésiens, Durrschmidt) est basée sur la grande puissance agglomérante de l'oxychlorure de magnésium. Ces meules sont beaucoup plus dures que les précédentes; la matière agglomérante ne se décompose qu'à la température élevée au rouge. L'huile et les essences sont sans action sur elles, mais elles sont légèrement hygrométriques et légèrement solubles dans l'eau; elles sont attaquées avec effervescence par les acides. La résistance à la traction des meules en émeri pur est de 80 à 100 kilogrammes par centimètre carré.

Tels sont, en résumé, les principaux procédés de fabrication et les propriétés de chacun des produits. Toutefois les fabricants conservent secrètes certaines opérations de détail qui sont de nature à en modifier la qualité, et l'expérience seule permettrait, dans chaque cas particulier, de se prononcer sur les mérites et les inconvénients de chacune des meules; en particulier, la compression avant le durcissement joue un grand rôle au point de vue de la dureté, de l'homogénéité et de la solidité de la meule; d'autre part, la Société centrale des émeris, M. Huard, élèvent la température de fusion de leurs meules par une vulcanisation de la gomme-laque; nous ajouterons enfin que certains industriels utilisent soit l'un, soit l'autre des procédés de fabrication, suivant l'emploi qui doit être fait de leurs produits.

La résistance à la rupture est un des facteurs importants de la vitesse de rotation utilisable; pour accroître le degré de sécurité des meules, M. Durrschmidt introduit dans leur constitution des fils métalliques qui tombent d'eux-mêmes quand ils se présentent à l'action de la pièce.

Les trois sortes de meules dont nous nous sommes occupés précédemment ont été pendant longtemps les seules employées en France et probablement dans le monde entier.

Les meules céramiques, dont la fabrication a été entreprise il y a quelques années en Amérique par la Norton Emery Wheel C°, ont pris partout un grand développement; le grain est aggloméré sans compression, à l'aide d'un fondant élevé à une haute température, 3,000 degrés, pendant 15 jours; l'émeri ou le corindon doivent être seuls employés, les autres mordants étant fusibles à la température nécessaire pour leur fabrication. Ces meules présentent les avantages suivants : elles sont insolubles dans l'eau, l'huile ou les essences, les acides ne les attaquent pas; même très dures, elles ont un grand mordant et leur dureté peut être graduée sûrement et insensiblement; elles sont spongieuses et l'eau, sous l'action de la force centrifuge, est rejetée sous forme de rosée à travers leurs pores sur la pièce à meuler. Leur fabrication, après une première tentative infructueuse, a été reprise en France avec succès, d'abord par M. Denis Poulot, puis par MM. Saint-Germain, Delaunay, Durrschmidt; M. Schmaltz d'Offenbach en présentait également des échantillons.

L'emploi des meules peut être envisagé à deux points de vue différents : 1° pour enlever beaucoup de métal, mais d'une façon irrégulière; 2° pour enlever peu de métal, mais d'une façon régulière et déterminée. Dans le premier cas, la meule doit être avant tout d'une composition fixe, inaltérable et d'une solidité à toute épreuve. Elle est très souvent alors de grandes dimensions et est susceptible d'être mise dans les mains d'ouvriers peu soigneux par métier et exposés à travailler d'une façon brutale; dans le deuxième cas, elle doit être très dure et très mordante; elle doit pouvoir attaquer à sec ou mieux à l'eau tous les corps, de façon à éviter les causes d'irrégularités provenant des dilatations. Le plus souvent elle est alors de petites dimensions.

Les meules sont classées d'après la grosseur de leur grain et leur dureté; on arrive à faire varier leurs propriétés par la grosseur des grains agglomérés et par la grandeur et le nombre des vides, dont on augmente l'étendue en réduisant la proportion d'agglomérant et, suivant le cas, en diminuant la pression; comme dans ces conditions la meule coupe mieux en même temps qu'elle s'use plus vite, on dit qu'elle est tendre; elle est dure dans le cas contraire.

On devra donc, dans le choix d'une meule, déterminer sa dureté, la grosseur de ses grains d'émeri et la largeur sur laquelle elle travaille, en tenant compte de la nature du métal à meuler, de la forme et de la grandeur de la pièce et du degré de précision à exiger. On aura en outre à fixer la vitesse à laquelle elle doit tourner et les vitesses de rotation et d'avance de la pièce à travailler; enfin on devra savoir si le meulage doit se faire avec ou sans eau. Nous rappellerons d'ailleurs à ce sujet que la vitesse recommandée par les différents fabricants est variable avec la nature de leurs produits; la vitesse de 1,500 mètres à la minute, indiquée par la maison Norton pour ses meules poreuses, paraît être un maximum.

Au point de vue de la forme, les meules peuvent se classer en meules plates travaillant sur leur pourtour et en meules annulaires travaillant sur la tranche. On monte

habituellement les meules plates entre deux plateaux, dont l'un s'appuie sur une embase de l'arbre et dont l'autre se serre contre la meule au moyen d'écrous vissés sur l'arbre en sens inverse du mouvement de rotation. Pour augmenter la sécurité du montage, certains constructeurs augmentent l'épaisseur et par suite la résistance de la meule en faisant l'une des faces (Kahn) ou même les deux faces (Norton) coniques et en les serrant dans des plateaux de même forme. D'une façon générale, les plateaux ne doivent pas serrer directement sur la meule, mais être munis d'intermédiaires souples, en feutre par exemple.

Les meules annulaires, lapidaires horizontaux ou verticaux, sont généralement fixées à queue d'aronde sur un plateau; cette queue d'aronde reçoit l'appui d'un disque mobile de même forme, ou bien, lorsque la meule est plus forte et que l'on n'a pas à craindre de créer une section faible par une saignée, une queue d'aronde est creusée sur la périphérie et la meule est fixée par des griffes serrées contre le plateau (Denis Poulot); certains constructeurs font venir sur le plateau même un rebord en queue d'aronde et collent la meule à l'aide d'un ciment magnésien qui remplit en même temps le vide de la queue d'aronde (Kahn, Agglomérés magnésiens, Durrschmidt); d'autres se font renvoyer le plateau sur lequel ils fabriquent directement la meule (Deplanque, Huard).

Quant aux meules de petites dimensions, qui sont employées pour l'affûtage et la rectification, les formes générales sont semblables : meules en forme de disque, de boisseau ou de coupelle; leur montage reste en principe le même, quoique avec des dispositions plus simples; les premières sont serrées entre deux petits plateaux arrêtés par des écrous, les autres sont serrées par une rondelle qui appuie au moyen d'une vis sur le fond de la couronne.

Lorsqu'une meule a travaillé pendant un certain temps, il faut la débarrasser des matières pouvant adhérer à sa surface et la mettre au rond ou au profil. Cette opération se fait à l'aide d'un diamant serti à l'extrémité d'une tige de fer; il importe toutefois de laisser le moins de travail à effectuer à cet outil coûteux et délicat, et même de l'éviter lorsqu'on le peut; on se sert à cet effet de molettes d'acier qui, montées folles sur leur axe, prennent un mouvement de rotation par le contact avec la meule; comme ces molettes sont obliques sur leur axe, elles se promènent sur la surface de la meule et la dressent.

M. Kreutzberger expose deux appareils qui s'appliquent plus particulièrement aux meules en grès et qui reposent sur l'emploi de filets saillants en acier prenant tangentiellement à la meule un mouvement de rotation et un mouvement de translation; l'un est un cylindre fileté au pas de 10 millimètres, l'autre est composé d'une série de disques en tôle d'acier montés sur un axe; ils prennent tous les deux un mouvement de rotation au contact de la meule, mais, dans le premier, la rotation de l'hélice du filet donne les deux mouvements nécessaires au dressage, alors que, dans le second, l'axe qui participe au mouvement de rotation des disques communique par vis et par roue à vis sans fin, manivelle et bielle, un mouvement de va-et-vient au chariot qui le supporte et par suite aux disques.

MM. Brunton et Trier utilisent pour le dressage des meules d'émeri le principe même

de leur machine à tailler les pierres et emploient un couteau conique en forme de coupelle qui agit par son bord, sous un angle d'incidence de 10 degrés environ. L'outil est monté fou sur un manchon fixe dont l'axe n'est pas dans le prolongement de celui

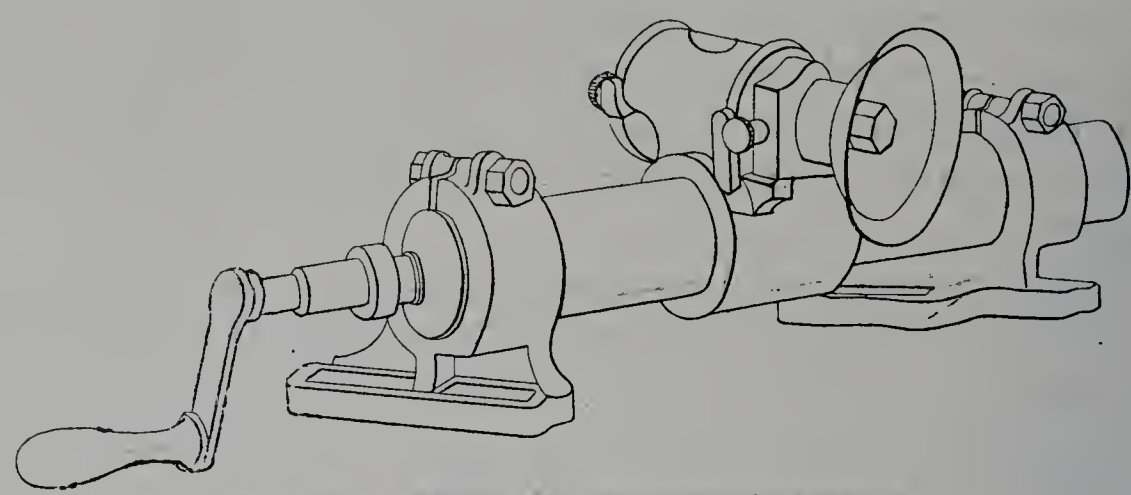


Fig. 176. — Appareil Trier pour repasser les meules.

de la coupelle, et le manchon est monté lui-même sur un chariot qui est porté par une semelle que l'on fixe au bâti par des pattes et qui peut prendre à la main un mouvement de translation parallèle à l'axe de la meule, en même temps qu'au contact de cette dernière il se met en rotation.

Nous ajouterons que de petits outils de cette nature, c'est-à-dire en forme de coupelle, montés fous à l'extrémité d'un manche, peuvent dans bien des cas servir à repasser à la main des meules de faibles dimensions, comme le ferait un outil au diamant.

GÉNÉRALITÉS SUR LES MACHINES À MEULER.

Les machines à meuler comprennent des machines d'usage général qui, fréquemment, n'ont ni dispositions accessoires spéciales, ni d'autre moyen pour diriger la pièce que la main de l'ouvrier, et des machines dont le but est nettement déterminé, qui se prêtent d'une façon plus particulière aux travaux de précision et présentent souvent les dispositions générales de machines-outils, tours, machines à raboter, etc.

Les machines à meuler de grandes dimensions et d'usage général se composent d'une meule plate montée sur une poupée; le bâti doit être robuste, lourd et d'une seule pièce pour éviter les dislocations provenant des trépidations répétées; la meule ne doit pas être montée en porte-à-faux, les paliers doivent être fermés, les portées larges et munies d'appareils de graissage; il est enfin indispensable de recouvrir l'appareil d'une enveloppe protectrice qui mette l'ouvrier à l'abri des éclats provenant d'une rupture. Pour éviter que les plateaux ne forcent sur la meule, on emploiera avec avantage des écrous à calotte sphérique faisant serrage sur une surface de même forme, de façon à laisser au plateau toute latitude pour s'appuyer sur le feutrage. Comme organisation de l'arbre on retrouve à peu près les dispositions des paliers des arbres de transmission avec leur mode de graissage : graissage à bague (Durrschmidt), bouchons plongeurs (Kahn, Poulot), tube creux, paliers à rotins (Deplanque, Delaunay). On ajoute quelquefois un

aspirateur de poussières ; à cet effet, M. Schmaltz dispose des ailettes sur la rondelle centrale de fixation et les recouvre d'un bâti facilement démontable, muni d'un tuyau d'aspiration et de refoulement. Enfin, pour donner appui à la main de l'homme, on adapte au bâti un support plan un peu plus large que la meule, réglable en hauteur ou inclinable.

Les machines d'usage général comprennent également les lapidaires horizontaux et les lapidaires verticaux, dans lesquels le support de la pièce est disposé devant la tranche, puis les différents types de polissoirs et les courroies en coton sur la face desquelles on colle l'émeri.

Parmi les machines à polir, nous citerons la machine Gorton qui comporte un arbre horizontal aux deux extrémités duquel sont montés soit des meules ordinaires, soit, pour les travaux de polissage, des disques en fonte sur lesquels sont fixées, à l'aide d'un ciment spécial à froid, des feuilles de toile émeri. Devant chaque disque est monté un plateau demi-circulaire dont le plan est perpendiculaire à celui du disque et passe à peu près au centre de celui-ci; ce plateau est mobile autour d'un axe horizontal parallèle à l'axe de la meule; il peut, de plus, monter ou descendre par rapport à cet axe, et enfin une réglette fixée sur le plateau sert à donner l'inclinaison à la pièce à meuler. Le plateau demi-circulaire de gauche peut, de plus, prendre une inclinaison autour d'un axe horizontal perpendiculaire au premier. La machine peut donc servir au dressage des faces planes sous une inclinaison quelconque et, en particulier, à l'affûtage des outils de tour qui sont pris dans des barres à profil constant.

Les machines à meuler d'usage spécial qui, comme nous l'avons déjà dit, se rapportent plus spécialement à des travaux de rectification et par conséquent de précision, rappellent souvent les formes des machines similaires à outils. Elles ont comme caractère commun entre elles l'organisation de l'arbre porte-meule, qui doit être disposé pour tourner à de très grandes vitesses et être mis d'une façon complète à l'abri des poussières; la tendance générale paraît être aujourd'hui de faire tourner les tourillons dans de longues portées cylindriques, cependant nous trouvons, en particulier dans la machine à affûter Walker, deux tourillons coniques en sens inverse.

MM. Brown et Sharpe font, dans leurs machines à rectifier les surfaces cylindriques (fig. 177), les tourillons cylindriques en acier trempé, tournant dans des coussinets en bronze à rattrapage de jeu; un des deux tourillons est épaulé d'un côté et bute en bout de l'autre côté; on peut enlever la broche et les coussinets de la meule sans déranger l'ajustage de ces derniers; il suffit pour cela de desserrer les boulons qui maintiennent en place les chapeaux, de soulever ces derniers, qui sont montés à charnière, et d'enlever tout l'ensemble. La poulie motrice est fixée à la broche sur une portée conique et est maintenue en place par un écrou.

Pour la rectification des trous (fig. 178), où on doit faire usage d'une meule d'un très petit diamètre, l'appareil se compose d'une broche d'un faible diamètre, tournant dans un couple de tubes télescopiques d'un diamètre suffisant pour offrir la rigidité nécessaire; ces tubes sont réglables longitudinalement l'un par rapport à l'autre et offrent à la broche un

appui très voisin de la meule; la poulie est montée sur une broche tournant par ses deux portées cylindriques dans des coussinets et transmet par des clavettes sa rotation à la broche de la meule.

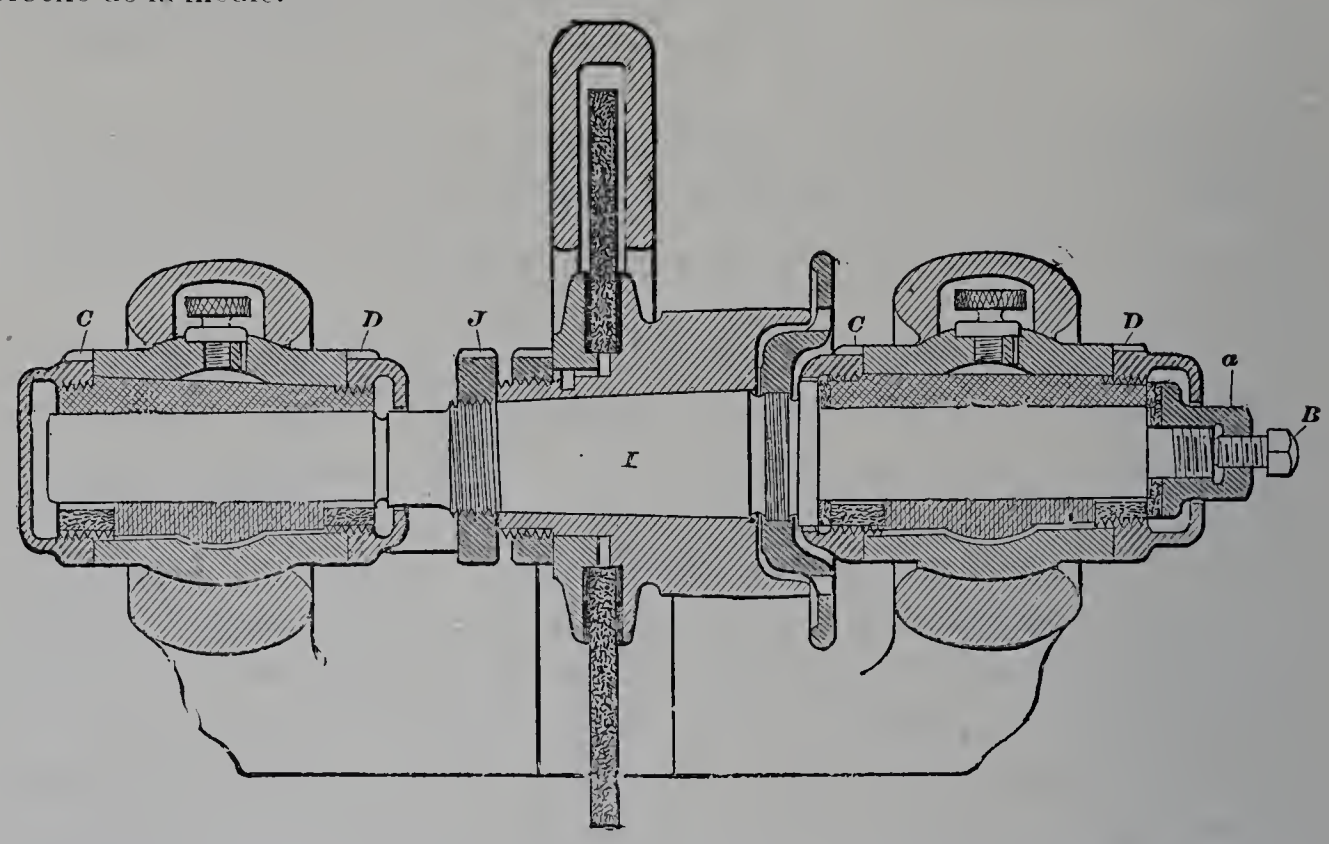


Fig. 177. — Broche porte-meule des machines à rectifier les surfaces cylindriques (Brown et Sharpe).

C'est également dans une longue douille que tourne la broche porte-meule cylindrique de la machine à affûter les fraises de M. Kreutzberger; les deux pièces sont trempées et

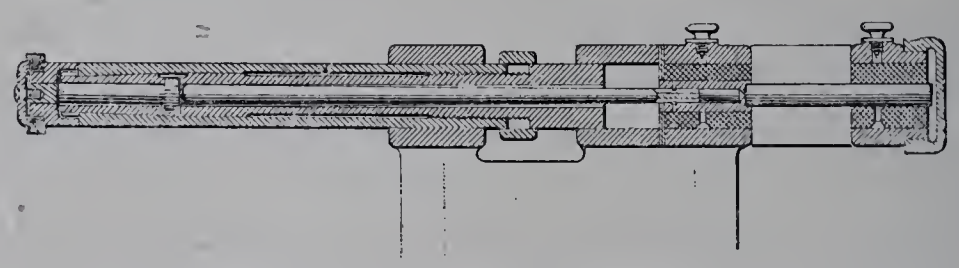


Fig. 178. — Broche de l'appareil à rectifier intérieurement (Brown et Sharpe).

le graissage est assuré par un magasin d'huile pour chaque trou de graissage; la poulie qui tourne folle sur la douille entraîne l'axe porte-meule au moyen de deux taquets.

Nous allons successivement passer en revue les machines à dresser les surfaces planes, à rectifier les surfaces cylindriques ou coniques, à affûter les outils de tour ou de raboteuse, les forets hélicoïdaux, les fraises et les scies, et enfin les machines diverses.

MACHINES À DRESSER LES SURFACES PLANES.

Le dressage des surfaces planes peut être obtenu à l'aide de machines simples dont la meule, plate et verticale, est surmontée d'une table horizontale percée d'une échan-

crure rectangulaire ; la table peut se régler en hauteur, de façon que le dessus de la meule affleure la surface, et l'ouvrier se contente de passer la pièce sur la meule, en la maintenant appliquée contre la table.

Lorsque l'opération exige une plus grande précision, par exemple lorsqu'on veut obtenir la rectification après trempe des matrices, poinçons, clefs, glissières, clavettes, etc., on obtient un dressage plus sûr par une sorte de mouvement de rabotage, en faisant usage d'une meule plate étroite, qui travaille par son pourtour et exécute automatiquement une série de passes parallèles sur une pièce fixée à un chariot animé d'un mouvement alternatif de va-et-vient.

Deux machines de petit modèle appartenant à cette catégorie, l'une ne possédant que des mouvements à main, l'autre complètement automatique, étaient exposées par la Builder's Iron Foundry et par MM. Brown et Sharpe. Dans la première, la broche est fixe, et la table, supportée par une potence équilibrée, peut recevoir un réglage précis en hauteur à l'aide d'une vis et d'un volant à main et être solidement fixée à la hauteur voulue ; dans la seconde, la broche est montée sur un chariot vertical réglable par vis et volant, et la table est portée par un bâti fixe. Dans les deux cas, la table est munie de deux chariots en croix, l'un transversal, pour donner le serrage, l'autre longitudinal, pour donner le mouvement de va-et-vient ; dans la machine Builder's, les deux mouvements sont donnés à la main ; dans la machine Brown et Sharpe, ils sont automatiques, et l'avance transversale est obtenue à l'extrémité de chaque course par une disposition analogue à celle que nous trouverons dans les machines à rectifier les cylindres et les cônes des mêmes constructeurs.

Une machine grand modèle de la Springfield Manufacturing Company présente l'aspect extérieur d'une machine à raboter : la table ne possède que le mouvement de va-et-vient, mais la meule, qui a une grande largeur, est animée non seulement d'un mouvement de rotation, mais encore d'un mouvement alternatif transversal, de façon à éviter les traits. A cet effet, les coussinets de l'arbre porte-meule sont fixés dans des glissières et le mouvement de va-et-vient de la table produit le déplacement d'un coulisseau qui provoque le mouvement transversal de la tête.

Les machines qui nous occupent ont souvent à meuler des pièces excessivement minces qu'on ne peut maintenir facilement par les moyens ordinaires ; les mandrins magnétiques Walker, dont il a été question dans le chapitre relatif aux machines à raboter, sont un accessoire tout indiqué pour la rectification des surfaces planes sur les pièces de faible épaisseur.

Les machines à dresser et à affûter les fers droits employés dans le travail des bois rentrent dans la catégorie des machines à dresser les surfaces planes. La lame, fixée sur une pièce d'articulation permettant de faire varier à volonté la pente du biseau, est montée sur une table longue et étroite, qui reçoit un mouvement automatique de va-et-vient ; elle passe alternativement devant une meule plate qui agit par son pourtour (Robinson, Kirchner), ou mieux devant une meule en forme de cylindre creux qui agit par son bord (Panhard et Levassor, Ransome, Fay et Egan, D'Espine-Achard et Cie, Guilliet, etc.).

MACHINES À RECTIFIER LES SURFACES CYLINDRIQUES ET CONIQUES.

Le tour est impuissant à produire en travail courant des pièces avec un degré de précision supérieur à 0 mm. 05, même lorsqu'on emploie des métaux faciles à travailler, à plus forte raison, lorsqu'il s'agit de surfaces trempées; les machines à rectifier les surfaces cylindriques et coniques à la meule d'émeri ont pour but de remédier à ce défaut commun d'ailleurs à tous les outils coupants.

Au début, les machines en question, qui sont de véritables tours à meule d'émeri, ne sont parvenues à donner la précision recherchée que par tâtonnement; les progrès réalisés depuis 1889 nous font entrevoir la possibilité d'atteindre automatiquement le résultat désiré par un nombre de passes déterminé de la meule et avec une approximation dont les limites se sont considérablement resserrées. La meule d'émeri est, en effet, susceptible d'enlever, sans usure appréciable, une quantité infiniment petite de matière, et nous citerons à ce sujet l'expérience suivante de MM. Brown et Sharpe : un tampon en acier trempé de 25 millimètres de diamètre fut rectifié bien rond et bien droit, puis on le mesura avec soin, on le replaça sur la machine et on fit avancer la meule jusqu'à ce qu'on aperçut des étincelles; on fit une passe tout le long et on trouva, en le mesurant de nouveau, qu'il avait diminué de 0 mm. 00025; on voit ainsi quelle précision on peut espérer obtenir par l'emploi de la meule d'émeri, à la condition, toutefois, que la machine soit parfaitement stable et ne subisse, pendant le travail, aucune vibration; de plus, il faut avoir le soin d'inonder d'eau les pièces qui souffriraient d'une élévation de température causée par le meulage, en particulier les pièces montées entre pointes, que le plus petit changement de température peut cintrer et faire mordre par l'outil plus d'un côté que de l'autre. D'ailleurs, l'emploi de l'eau, même avec des métaux tendres, est souvent un moyen d'empêcher le broutage qui se produit quelquefois légèrement dans le meulage à sec.

Dans la catégorie des machines qui nous occupe, les modèles de MM. Brown et Sharpe sont les plus répandus; leurs dispositions ont été reproduites par la plupart des bonnes maisons de construction du monde entier; mais des améliorations ont été constamment apportées aux types primitifs en vue d'en assurer la stabilité et, comme conséquence, la précision.

Les modèles les plus complets sont désignés généralement sous le nom de *machines universelles;* ils permettent la rectification des surfaces extérieures cylindriques et coniques sur les pièces montées entre pointes ou en l'air et la rectification des trous cylindriques et coniques sur les pièces montées en l'air. Un bâti solide, portant sur le sol par trois pieds, forme deux bancs rectangulaires; sur l'un se meut un long chariot avec mouvement automatique de va-et-vient produit par un mécanisme de changement de marche; une table qui repose sur ce chariot peut tourner autour d'un pivot vertical et s'incliner à droite et à gauche jusqu'à 3 degrés 1/2 ou 5 degrés, suivant les modèles, et reçoit une poupée montée sur plateau pivotant gradué et une contre-poupée; elle peut donc recevoir la pièce soit entre pointes, soit en l'air. Sur le deuxième banc, se trouve un chariot transversal

qui se manœuvre à la main ou automatiquement et reçoit la poupée de meule fixée dans des rainures à boulons; la meule peut être placée entre les montants de la poupée ou en bout de l'arbre; et la poupée peut tourner sur une base graduée.

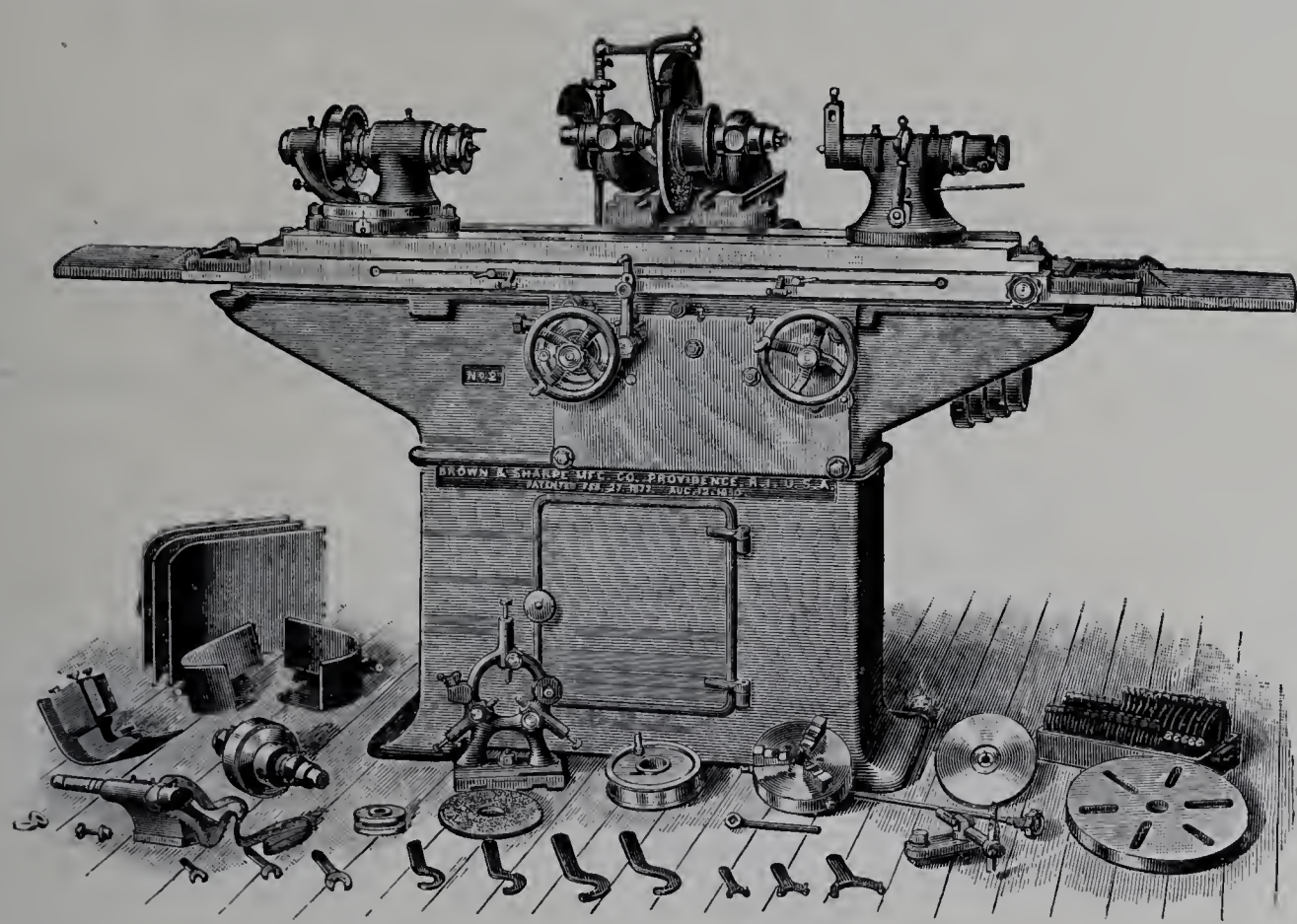


Fig. 179. — Machine à rectifier les surfaces cylindriques et coniques, universelle (Brown et Sharpe).

Un des principaux perfectionnements introduits dans la machine consiste dans le mécanisme d'avance automatique de la meule (fig. 180). Cette avance est donnée par la rotation d'un cadran gradué sous l'action d'un cliquet relié à un levier courbe, qui est manœuvré au moyen de cames par le levier de changement de marche. Lorsque le cadran gradué se déplace d'une dent, le chariot porte-meule avance de 0 mm. 003 et fait varier le diamètre de la pièce de 0 mm. 006; pour déterminer la longueur de la course, on devra donc laisser entre le cliquet et la pointe d'une rampe, dont la position sur le cercle gradué est réglable à volonté, un nombre de dents égal à autant de fois qu'il y a 0,006 dans la différence entre le diamètre de la pièce avant rectification et le diamètre que l'on veut obtenir; lorsqu'on arrive à la fin du travail, la rampe empêche le cliquet de s'engager sur une autre dent.

Quelque ingénieuse que soit cette disposition d'avance, on ne saurait nier qu'il était plus facile d'en imaginer le mécanisme que de le rendre efficace par la bonne construction de la machine, étant donnée surtout la quantité infinitésimale de matière en jeu.

MM. Bariquand et Marre, M. Reinecker, M. Schultz présentent des spécimens de machines à rectifier universelles qui rappellent ceux de MM. Brown et Sharpe, le premier sans mouvement automatique du chariot transversal, les autres avec mouvement automatique. Les machines de la Landis Tool Company, qui sont disposées pour l'avance

automatique de la meule, présentent cette particularité, que la pièce est fixe et que c'est le chariot de la meule qui a un mouvement de va-et-vient automatique. Le constructeur a voulu éviter, pour des chariots longs, le défaut de dressage qui pourrait nuire à la bonne exécution du rectifiage et a préféré reporter sur le chariot de la meule, qui a une

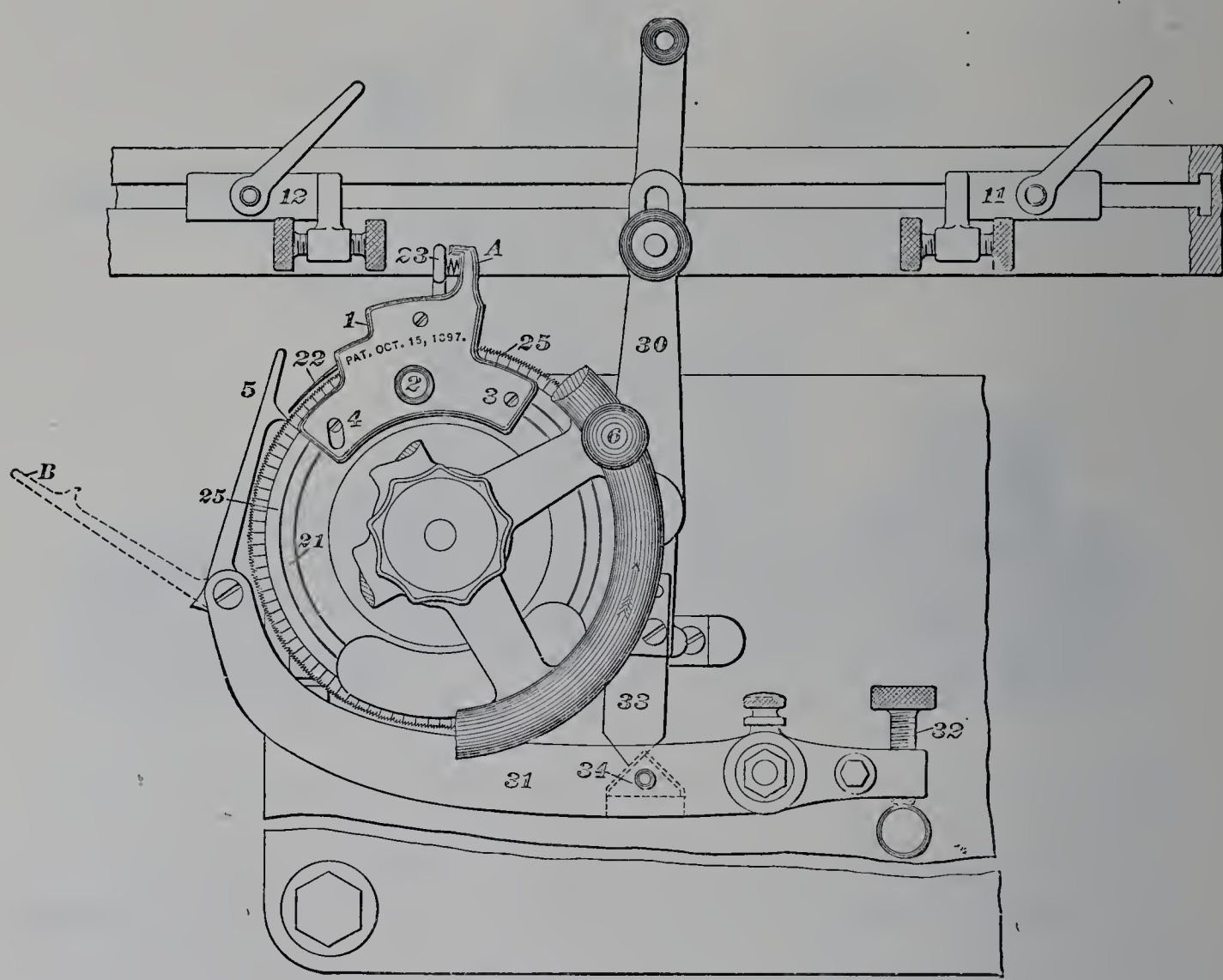


Fig. 180. — Mécanisme d'avance automatique de la meule (Brown et Sharpe).

longueur relativement faible, le mouvement longitudinal automatique; c'est d'ailleurs le même principe que nous retrouvons dans la machine Reinecker à dresser les pièces de très grande longueur.

Dans les machines à rectifier ordinaires de MM. Brown et Sharpe (fig. 181), qui sont destinées à la rectification entre pointes de pièces cylindriques ou coniques et qui, tout en conservant le mouvement de pivotement de la semelle, ne possèdent ni le mouvement de rotation de la poupée fixe, ni le mouvement de rotation de la poupée porte-meule, les perfectionnements ont eu d'abord pour but d'assurer la direction de la poupée fixe et de la poupée mobile; les deux pièces sont montées sur des règles verticales et une pression plus ou moins grande exercée sur les boulons de serrage n'a pour effet que de les asseoir. D'autre part, pour assurer l'efficacité du mouvement infinitésimal transversal, le chariot porte-meule est incliné à un angle assez grand pour qu'il glisse de son propre poids et qu'il s'appuie toujours sur le mécanisme d'avance, de telle façon qu'au

plus petit mouvement du disque gradué corresponde un mouvement équivalent du chariot porte-meule; de plus, la table porte la même inclinaison que le chariot porte-meule, de

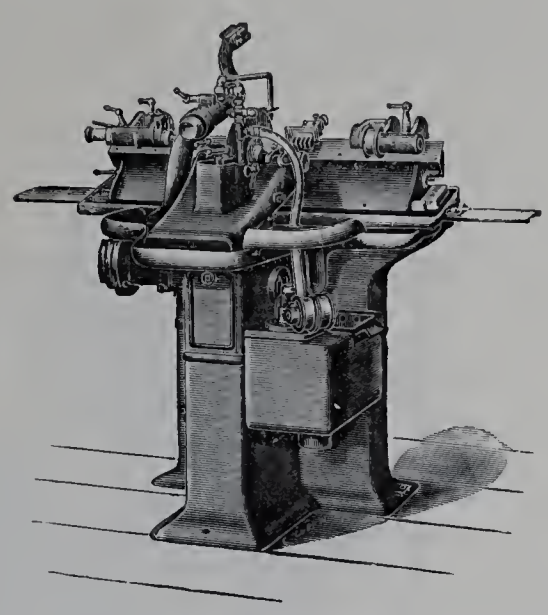


Fig. 181. — Machine à rectifier ordinaire (Brown et Sharpe).

sorte que, quand on incline la semelle des poupées, l'axe de la pièce reste dans un plan parallèle au déplacement de la meule.

MACHINES À AFFÛTER LES OUTILS DE TOUR ET DE RABOTEUSE.

Les machines à affûter les outils de tour et de raboteuse, c'est-à-dire les outils qui n'ont qu'une seule arête coupante, sont généralement des plus simples : un bâti supporte une meule sur le pourtour de laquelle l'ouvrier présente à la main la face de l'outil à affûter, en même temps qu'un courant d'eau refroidit le taillant. L'eau peut être injectée par une pompe rotative, qui se met en mouvement en même temps que la meule (Kahn), ou bien, renfermée dans une auge, elle est entraînée par la meule elle-même; il est alors avantageux d'en régler l'entraînement par la variation du niveau dans l'auge; à cet effet, le pied de la machine Barnes constitue un réservoir dans lequel un flotteur, en s'enfonçant plus ou moins sous l'action d'une pédale, force l'eau à se répandre en plus ou moins grande quantité dans l'auge, d'où elle est entraînée par la meule en mouvement; dans la machine Leland et Faulconer, un volant à main sert à régler l'immersion plus ou moins considérable d'une augette dans une auge. M. Denis Poulot, qui fait usage de meules poreuses en corindon, mouille la meule par pénétration centrale : dans les petits modèles, à l'aide de deux réservoirs fixés à l'extrémité de deux tubes à angle droit, dont l'un se vide par son propre poids pendant que l'autre se remplit et qui se remplacent ensuite par simple basculement; dans les plus forts modèles, à l'aide d'un élévateur qui, monté sur l'arbre même de la machine, aspire l'eau d'un réservoir.

Dans les machines dont il vient d'être question, la main de l'ouvrier est le seul moyen de diriger la pièce; la machine Gisholt (fig. 182) permet à un ouvrier, spécialement affecté à ce genre de travail, de reproduire invariablement les formes d'outils les plus avanta-

geuses, à la condition toutefois que, pour la facilité de l'opération, les angles d'affûtage des différentes faces aient été inscrites sur un tableau. La machine dont il s'agit comprend une meule à boisseau et un appareil porte-outil, supporté par un bassin oscillant qui possède un mouvement transversal d'avance par vis et volant. L'appareil proprement dit est

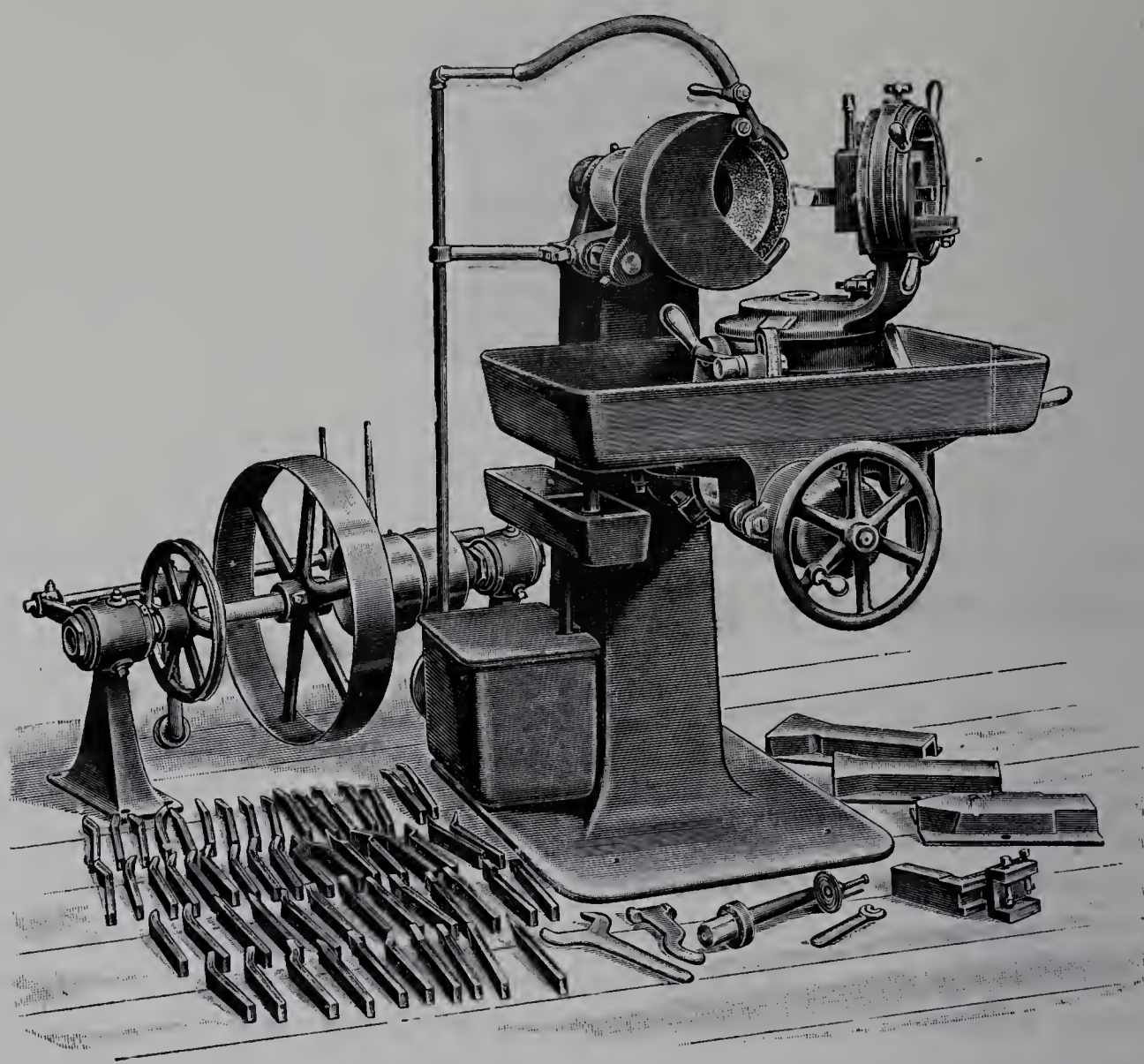


Fig. 182. — Machine à affûter les outils (Gisholt).

pourvu d'une boîte porte-outils dans laquelle les outils sont fixés d'une façon invariable, mais différente, suivant qu'ils sont droits, dirigés à droite ou dirigés à gauche. Trois axes de rotation munis de cercles gradués permettent d'incliner les faces d'après les éléments portés sur le tableau et de les affûter par la tranche de la meule, à l'aide du mouvement oscillant, dont l'axe est parallèle à l'axe de la meule.

Cette machine, très simple et très pratique, résout d'une façon économique le problème de l'affûtage mécanique des outils de tour et de raboteuse.

MACHINES À AFFÛTER LES FORETS HÉLICOÏDAUX.

Les arêtes coupantes de la pointe des forets hélicoïdaux sont généralement constituées par deux droites également inclinées sur l'axe et faisant entre elles un angle d'ouverture

variable avec la dureté du métal, mais passant légèrement en dehors de l'axe. L'affûtage consiste d'abord à former une surface de dégagement qui, dans le voisinage de l'arête, se présente sur la surface-enveloppe découpée dans la matière sous un angle d'incidence de 4 degrés environ et qui, en arrière, est suffisamment en retrait pour ne pas talonner, puis à appointir le sommet.

Pour nous rendre compte de la façon dont ces différentes conditions sont remplies par les machines que nous avons eu à examiner, reportons-nous aux considérations dont M. le commandant Ply fait précéder son étude sur la question dans le rapport de 1889.

Supposons d'abord que l'outil ne soit animé que d'un mouvement de rotation autour de son axe, l'arête coupante décrira un hyperboloïde de révolution à une nappe qui se réduira à un cône, si cette arête passe par l'axe. La surface de dégagement devra donc être telle que chaque section par un plan normal à l'axe fasse à l'origine sur l'arête un angle d'incidence de 4 degrés avec la surface-enveloppe et qu'à l'arrière elle ait la forme d'une sorte d'arc de spirale, dont le retrait augmentera progressivement au fur et à mesure qu'on s'éloignera de l'arête.

Si l'on admet un cône pour surface-enveloppe, tout cylindre ou tout cône tangent à un plan qui fera avec le plan tangent au cône-enveloppe, suivant la génératrice de l'arête, un angle α déterminé par la relation tang. $\alpha = \frac{\text{tang } 4^\circ}{\text{tang } \alpha}$, α étant le demi-angle d'ouverture du cône-enveloppe, satisfait à la condition de donner un angle d'incidence de 4 degrés; mais un cylindre donnera à la même distance de l'arête un retrait plus considérable dans les grandes sections que dans les petites, alors qu'un cône est susceptible d'éviter, dans une certaine mesure, ce défaut.

Si, au contraire, on admet un hyperboloïde pour surface-enveloppe, on ne peut plus trouver de cylindre ni de cône satisfaisant, à la condition que son plan tangent suivant la génératrice de l'angle fasse un angle constant avec le plan tangent à l'enveloppe le long de l'arête, puisque ce dernier plan est variable; mais on peut prendre une surface voisine d'un hyperboloïde pour la surface de dégagement. Imaginons, en effet, un hyperboloïde tangent à l'hyperboloïde-enveloppe le long de l'arête, et faisons-le tourner d'un angle α, déterminé comme plus haut pour un point intermédiaire entre les deux extrémités de l'arête; l'erreur que nous commettrons sur la valeur de l'angle d'incidence, en prenant pour surface de dégagement cet hyperboloïde après sa rotation, sera relativement faible, étant données la faible longueur de l'arête et sa position peu excentrée.

Laissons pour le moment de côté le cas où l'on donne en creux à la meule la forme même du dégagement; les moyens dont nous disposons pour obtenir la surface dont il s'agit à l'aide d'une meule consistent à peu près uniquement dans le contact d'un plan, d'un cylindre ou d'un cône, suivant qu'on se sert d'une meule boisseau, d'un disque ou d'une meule à biseau. La meule boisseau agit par son plan et ne peut donner, par la rotation du foret, qu'un cylindre ou un cône; mais les autres meules qui travaillent par une génératrice peuvent donner, à l'aide d'une rotation convenable du foret, la surface approchée d'un hyperboloïde.

En réalité, en même temps que le foret est animé d'un mouvement de rotation, il possède un mouvement de translation suivant son axe; l'arête coupante décrit donc une surface hélicoïdale qui se réduit à une surface de vis à filet triangulaire, dans le cas où cette arête passe par l'axe; chaque point de l'arête décrit une hélice de pas égal à l'avance pour un tour et, par conséquent, d'inclinaison variable avec sa distance au centre. L'inclinaison du déplacement augmentant au fur et à mesure qu'on s'approche du sommet, les projections de l'angle d'incidence sur les sections normales à l'axe augmentent également, ainsi que les retraits, car chaque point du dégagement a à passer, en vertu de son mouvement hélicoïdal, en deçà de points de l'hélicoïde-enveloppe de plus en plus rapprochés du centre.

On ne voit d'ailleurs pas la possibilité de réaliser ces conditions multiples autrement qu'en cherchant à donner au foret un mouvement d'avance suivant son axe, en même temps que par une rotation convenable on engendre le cylindre, le cône ou l'hyperboloïde qui, suivant l'hypothèse admise, se rapportent au mouvement de rotation du foret sans avance. Dans tous les cas, le résultat qu'on recherche amène forcément la destruction du sommet de la pointe.

Dans une machine exposée en 1889, M. Sellers donnait au dégagement la forme d'un cône dont l'axe, oblique par rapport à celui du foret et ne le rencontrant pas, coupe l'arête à une certaine distance en avant du sommet; le retrait correspondant à l'avance du foret est compensé en partie par l'inclinaison assez forte du dégagement; de plus, pour éviter au bord opposé à l'arête près du sommet de talonner, l'arête est abattue par l'opération de l'appointissage. C'est une disposition que nous retrouvons dans un certain nombre de machines exposées; le dégagement est donné par la tranche d'une meule à boisseau, en faisant tourner le foret autour d'un axe différent du sien; mais, pour tenir compte de l'avance, dans les machines de M. Huré et de MM. Higgins et Morgan, construites par les Washburn Machine Shops, de Worcester, l'axe autour duquel tourne le foret pendant l'affûtage monte et descend suivant cet axe par la prise d'une vis dans son écrou.

M. Kreutzberger utilise sa machine à affûter universelle à l'affûtage des forets. Il place, à cet effet, sur le chariot supérieur, un appareil qui porte la mèche dans un V et qui, à l'aide d'un doigt, permet de lui donner une position telle que l'arête soit horizontale. Cette arête est mise en contact avec le biseau intérieur d'une meule creuse, dont on peut régler convenablement la hauteur par rapport à l'axe du foret; l'affûtage est produit en promenant l'arête le long du biseau; la meule, par sa forme intérieure, détermine une surface de dégagement présentant la forme d'un cône dont l'axe n'est pas parallèle à l'axe du foret et ne le rencontre pas.

Dans la machine de M. Demoor, le foret à affûter placé dans le canon de l'appareil reçoit automatiquement deux mouvements simultanés, un mouvement de rotation partielle du foret autour de son axe, qui est horizontal, et un mouvement de déplacement angulaire autour d'un axe vertical passant en arrière du sommet de la pointe et rencontrant le premier. La composition de ces deux rotations équivaut à une rotation autour

d'un axe légèrement oblique sur l'horizon, et comme l'affûtage se fait sur le pourtour d'une meule cylindrique, la génératrice touchée peut être considérée comme la génératrice de la surface d'un hyperboloïde.

Quel que soit le procédé employé, il convient, surtout pour les gros diamètres, d'appointer le sommet par une opération spéciale en formant une petite rainure se raccordant avec la cannelure en hélice; on enlève en même temps l'excès de métal qui pourrait subsister dans cette partie et produire des talonnements. L'appointissage se fait à la main sur une petite meule à biseau, ou mieux, mécaniquement à l'aide d'un dispositif ajouté à la machine elle-même.

MACHINES À AFFÛTER LES FRAISES.

Généralités. — L'affûtage des fraises consiste à aviver le taillant de chacune des dents, en attaquant à la meule d'émeri une des faces : dans les fraises dites *ordinaires*, en déterminant sur la dent une facette de coupe qui, dans chaque section normale à l'axe de la fraise, doit faire avec la perpendiculaire à l'extrémité du rayon passant par le point où l'arête est coupée, l'angle d'incidence d'environ 4 degrés; dans les fraises de forme *américaines*, en rectifiant le devant de la dent suivant un plan méridien.

Dans le premier cas, on emploie généralement une meule en forme de disque, dont le pourtour se déplace le long de l'arête en lui restant perpendiculaire; toutefois la meule, en travaillant ainsi, détermine sur la face une concavité qui tend à affaiblir le taillant et rabat, sur le devant de la dent, une petite bavure qui peut déterminer des éraflures sur la surface fraisée et lui donner un vilain aspect. C'est cependant le procédé d'affûtage le plus généralement employé, en raison de sa facilité d'emploi et de l'avantage qu'il présente relativement au sens de la coupe. MM. Kendall et Gent remédient au défaut de la bavure en adjoignant à leur machine à affûter un disque en cuivre garni d'huile et d'émeri, qui, après l'opération de l'affûtage proprement dit, enlève, en passant sur le devant, la bavure laissée par la meule d'émeri, adoucit les faces des dents et donne un tranchant parfaitement net; la précaution n'est pas inutile, surtout lorsqu'il s'agit de travaux de finissage exécutés à l'aide de fraises à fine denture : elle donne une grande propreté de travail et permet d'augmenter considérablement le rendement à chaque affûtage.

Quelques constructeurs (Schmaltz, Blau, Reinecker) font usage de petites meules à boisseau qui déterminent par leur tranche une facette de coupe plane et qui, de plus, par la rotation en sens inverse de leurs deux arcs diamétralement opposés, ont moins de tendance à laisser une bavure. Toutefois ce mode d'affûtage ne peut convenir qu'aux fraises à profil droit.

Pour l'affûtage sur le devant de la dent, on emploie généralement une meule mince en forme de coupelle, dont les bords en tournant déterminent un plan perpendiculaire à l'axe; il suffit donc de faire coïncider la face à meuler avec ce plan pendant toute la durée du déplacement pour produire correctement l'affûtage.

Certains constructeurs, en particulier les Américains, n'emploient comme fraises

IMPRIMERIE NATIONALE.

ordinaires, c'est-à-dire qu'on affûte sur le dessus, que les fraises cylindriques à denture droite ou hélicoïdale, les fraises coniques et les fraises en bout, et emploient, comme fraises de forme, les fraises à profil invariable qu'on affûte sur le devant; tous les mouvements d'affûtage sont donc en ligne droite dans deux directions générales perpendiculaires entre elles, suivant qu'on affûte le dessus de la dent par le pourtour d'un disque ou par la tranche d'une meule à boisseau, ou qu'on affûte le devant à l'aide d'une meule à coupelle; dès lors on aperçoit nettement que toute machine disposée pour l'affûtage des fraises ordinaires en ligne droite s'adaptera facilement à l'affûtage des fraises de forme américaines.

Ainsi que les arêtes droites, les arêtes circulaires concaves ou convexes peuvent être affûtées sans reproducteur, par un simple pivotement autour du centre du rayon de courbure; la machine de la Société Alsacienne permet d'obtenir ce résultat; mais la maison en question ne va pas au delà de l'arc de cercle dans l'emploi des fraises de forme ordinaires, elle a recours aux fraises de forme américaines pour les profils plus compliqués.

Enfin, pour l'affûtage des fraises de forme quelconque sur le dessus de la dent, il faut avoir recours à la reproduction; mais, pour pouvoir suivre toutes les courbures du taillant, on ne peut employer qu'une molette à profil arrondi agissant par son pourtour; nous trouverons un exemple de l'emploi de la reproduction dans la petite machine Koping; toutefois la seule machine vraiment universelle qui réalise d'une façon complète le problème de l'affûtage est la machine de M. Kreutzberger.

Pour fixer la position d'une dent devant la meule et pour passer d'une dent à la suivante, on emploie généralement une lame qui s'engage dans le fond de l'entaille à l'avant de la dent à affûter lorsqu'on agit sur le dessus, ou à l'avant de la dent qui vient d'être affûtée lorsqu'on agit sur le devant; la meule est appuyée sur cette lame à la main ou par un poids tendeur; quand la fraise est à dents droites, le support de la lame est solidaire du mouvement de la pièce; quand les dents sont hélicoïdales, il est fixé à un support indépendant, de manière que la lame force la fraise à tourner au pas de l'échancrure sur laquelle elle s'appuie. Le procédé, toutefois, risquerait de manquer de précision pour l'affûtage des fraises Reinecker en hélice et à profil invariable; les surfaces d'affûtage sur le devant de chaque dent sont des surfaces de vis à filet carré qui doivent être exactement espacées pour déterminer, dans chaque plan normal à l'axe, des arêtes coupantes également distantes du centre. Pour l'affûtage des fraises de cette espèce, M. Reinecker se sert d'un appareil diviseur monté sur l'axe de la fraise et donne le mouvement hélicoïdal à l'aide d'un train de roue qui relie le déplacement longitudinal du chariot au mouvement de rotation de la poupée.

Les mouvements nécessaires pour l'affûtage se font généralement à la main, à l'aide d'un levier qui manœuvre une glissière, ou simplement par le déplacement à la main d'une douille montée sur une tige; cependant certaines machines sont pourvues d'un mouvement automatique de va-et-vient, mais ce mouvement s'applique plutôt à la rectification des cylindres et des cônes, ou des trous intérieurs; l'opération de l'affûtage sur chaque dent est en effet tellement rapide que, pour utiliser avec avantage le déplace-

ment automatique, il faudrait que la division fût également automatique. Le problème n'est pas impossible : déjà en 1888, MM. Sarallier et Pradel ont construit, pour les manufactures d'armes, sur les plans de l'atelier de construction de Puteaux, des machines complètement automatiques à affûter les fraises de forme quelconque, à dents droites ou hélicoïdales ; la pièce possède sous la meule un mouvement alternatif de va-et-vient par crémaillère ; à chaque retour, un cliquet passant sur la partie découverte d'un rochet fait tourner la fraise d'une dent, alors qu'à la fin de l'aller il glisse sur le rochet et se remet en position. Nous verrons, dans l'exposition de M. Schmaltz, une machine automatique de création récente, pour l'affûtage et le creusage des fraises ; cette machine s'applique aux fraises de forme américaines, mais non aux fraises de forme ordinaires.

Partant des considérations qui précèdent, nous pouvons grouper les différentes machines à affûter qui étaient exposées, dans l'une des trois catégories suivantes :

1° Machines à affûter sans reproducteur ;

2° Machines automatiques à affûter sans reproducteur ;

3° Machines à affûter avec reproducteur.

Toutes ces machines, sauf la petite machine de la Société de Koping, présentent le caractère commun d'avoir l'axe de la fraise horizontal.

1° **Machines à affûter sans reproducteur.** — Cette catégorie de machines s'adresse à l'affûtage des fraises ordinaires dont les dents sont en ligne droite, ou exceptionnellement en arcs de cercles (Société Alsacienne) ; de plus, elles sont généralement disposées pour l'affûtage des fraises de forme américaines ; elles peuvent donc répondre à tous les besoins des constructeurs qui ne font pas usage de fraises de forme ordinaires.

Les machines les plus simples comprennent essentiellement une poupée porte-fraise et une poupée porte-meule à axe horizontal et à base pivotante, mouvement de réglage vertical, chariot de réglage transversal et glissière longitudinale manœuvrée par un levier pour la pièce mobile porte-fraise (Huré) ou porte-meule (Bariquand).

La machine de MM. Brown et Sharpe comporte un arbre porte-meule réglable transversalement, muni d'une meule à chaque extrémité ; le chariot est remplacé par une forte barre cylindrique parallèle à l'axe de la meule ; sur cette barre peut se fixer ou se déplacer un support reposant d'autre part sur une barre plate parallèle. Le support est muni d'un pivot vertical avec plateau circulaire gradué et d'une douille à axe normal au pivot, dans laquelle se trouve une tringle ou un mandrin qui porte la fraise ; les fraises cylindriques se manœuvrent à la main le long de la tringle ; pour les autres fraises, la tringle se place obliquement par rapport à l'axe de la meule et on se sert du déplacement du support le long des barres. On augmente la variété d'emploi de la machine en montant un support pivotant à chariot à l'extrémité libre de la barre, en face de la meule de gauche ; la fraise portée par cet appareil peut tourner autour de trois directions et prendre, par conséquent, toutes les positions dans l'espace. Enfin l'affûtage du devant des dents des fraises à profil invariable se fait soit en disposant la tringle porte-fraise perpendiculairement à l'axe de la meule, soit en employant un appa-

reil spécial qu'on monte sous la meule de gauche perpendiculairement à son axe et en faisant glisser la fraise sur une tringle le long de la tranche de la meule.

Dans la machine de la Société Alsacienne, une forte colonne formant bâti porte à la partie supérieure un arbre horizontal auquel est fixée une seule meule. Une console fixe reçoit un arbre vertical qui peut tourner, monter et descendre dans la potence et supporte deux chariots en croix, l'un servant au réglage, l'autre au déplacement de la pièce. Ce dernier chariot reçoit, selon les fraises à affûter, le chariot porte-pointe dont la semelle peut pivoter et prendre une inclinaison sur l'horizontale, ou bien l'appareil universel qui est destiné au montage des fraises en l'air et comporte un plateau muni d'un chariot à déplacement et pouvant tourner autour d'un axe horizontal. Cet appareil universel permet d'affûter sur le dessus de la dent les fraises ordinaires à profil circulaire, convexe ou concave.

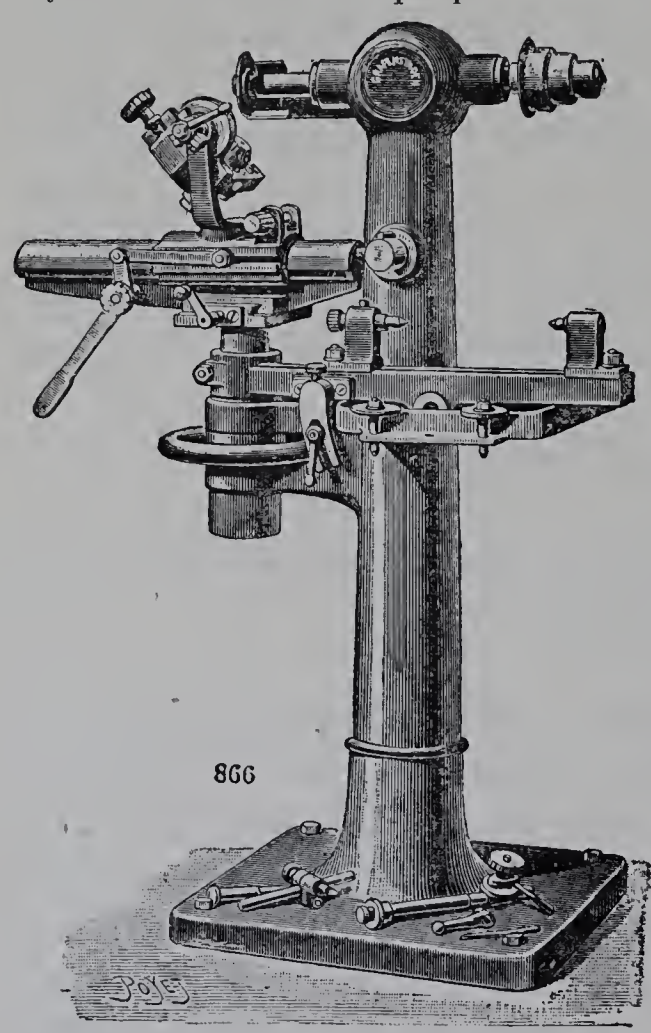


Fig. 183. — Machine à affûter les fraises (Société Alsacienne).

Les machines Reinecker (Universelle), Blau, Kendall et Gent, Strouck, Cincinnati, Walker présentent un certain nombre de dispositions communes. La broche munie d'une meule à chacune de ses extrémités est établie sur le sommet d'une colonne et le support de la fraise monté en potence sur une douille qui entoure la colonne peut pivoter et amener le travail sous une inclinaison quelconque, à volonté, à la meule de droite ou à la meule de gauche. Chacune de ces meules peut être de nature différente, par exemple une meule en forme de disque et une meule à boisseau (Reinecker, Blau), pour l'affûtage sur le dessus des dents, ou une meule en forme de coupelle ou en cuivre (Kendall et Gent), pour l'affûtage sur le devant.

Le mouvement de montée et de descente pour le réglage de la hauteur est le plus souvent donné à la potence; dans ce cas, l'arbre porte-meule peut être complètement fixe ou, monté à l'extrémité d'un bras oscillant, ne recevoir qu'un léger réglage par vis et volant (Kendall et Gent); en reportant sur la tête de la machine le déplacement en hauteur, la potence devient fixe et peut reposer dans toutes ses orientations sur une couronne faisant partie du bâti (Walker) [fig. 184]. Le support de la pièce à meuler comprend deux chariots rectangulaires, l'un transversal pour le réglage, l'autre longitudinal pour le travail, ce dernier pouvant souvent s'incliner sur sa semelle; le tout est surmonté soit de deux poupées de tour pour monter les pièces en pointes, soit d'un support articulé pour le meulage en l'air.

Souvent la machine permet la rectification des cylindres et des cônes; à cet effet, l'une des poupées reçoit un arbre à toc et porte une poulie sur laquelle on monte une courroie (Reinecker, Blau, Cincinnati, Walker); elle est même souvent disposée pour la rectification intérieure des trous à l'aide d'une broche munie d'une meule de petit

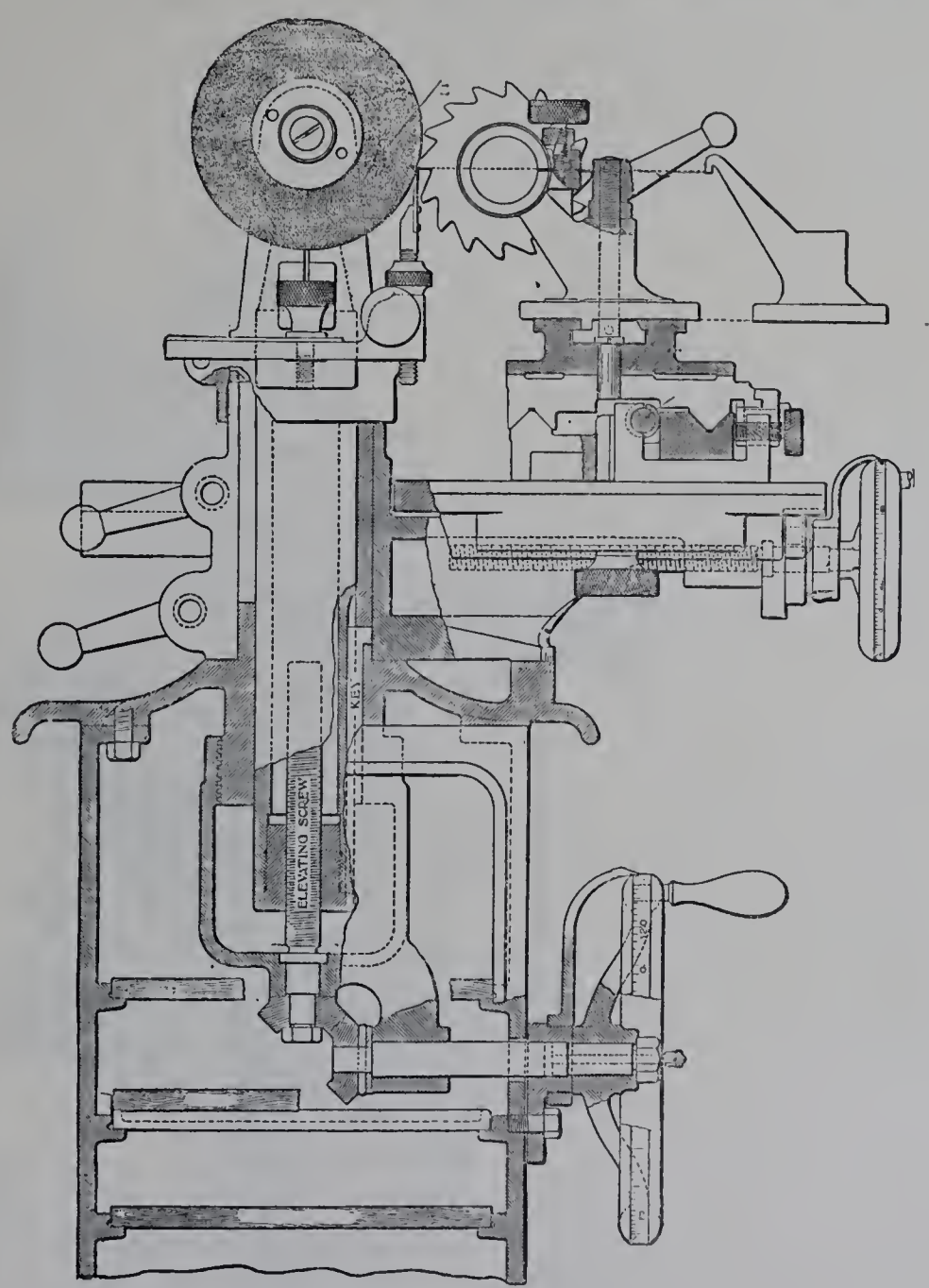


Fig. 184. — Coupe verticale de la machine à affûter (Walker).

diamètre montée soit directement dans la tête de la machine (Reinecker), soit dans un support articulé recevant sa commande de la broche de la tête (Walker).

On voit à quelle variété de travaux peuvent se prêter les machines de cette catégorie; elles permettent d'effectuer sur les fraises à dents rectilignes non seulement l'affûtage, mais encore les opérations de rectification des tiges, des tranches, des trous intérieurs, qui servent pour le montage sur les arbres ou les mandrins porte-fraise.

Quant à la machine à affûter les fraises à profil invariable de M. Reinecker, elle présente l'aspect général d'une machine à fraiser dont la table inclinable supporte deux poupées, l'une servant de contre-pointe, l'autre munie d'un appareil diviseur et pou-

vant, par une combinaison d'engrenages, recevoir un mouvement de rotation en rapport avec le mouvement de translation du chariot.

2° **Machine automatique à affûter sans reproducteur (Schmaltz).** — La machine de M. Schmaltz est destinée à l'affûtage et au creusage des fraises à dents rectilignes. Elle est caractérisée par les deux dispositifs suivants : 1° la tête porte-meule reçoit un mouvement de va-et-vient horizontal ; 2° après chaque mouvement de va-et-vient de la meule, un doigt fait avancer automatiquement la dent suivante de la fraise en affûtage.

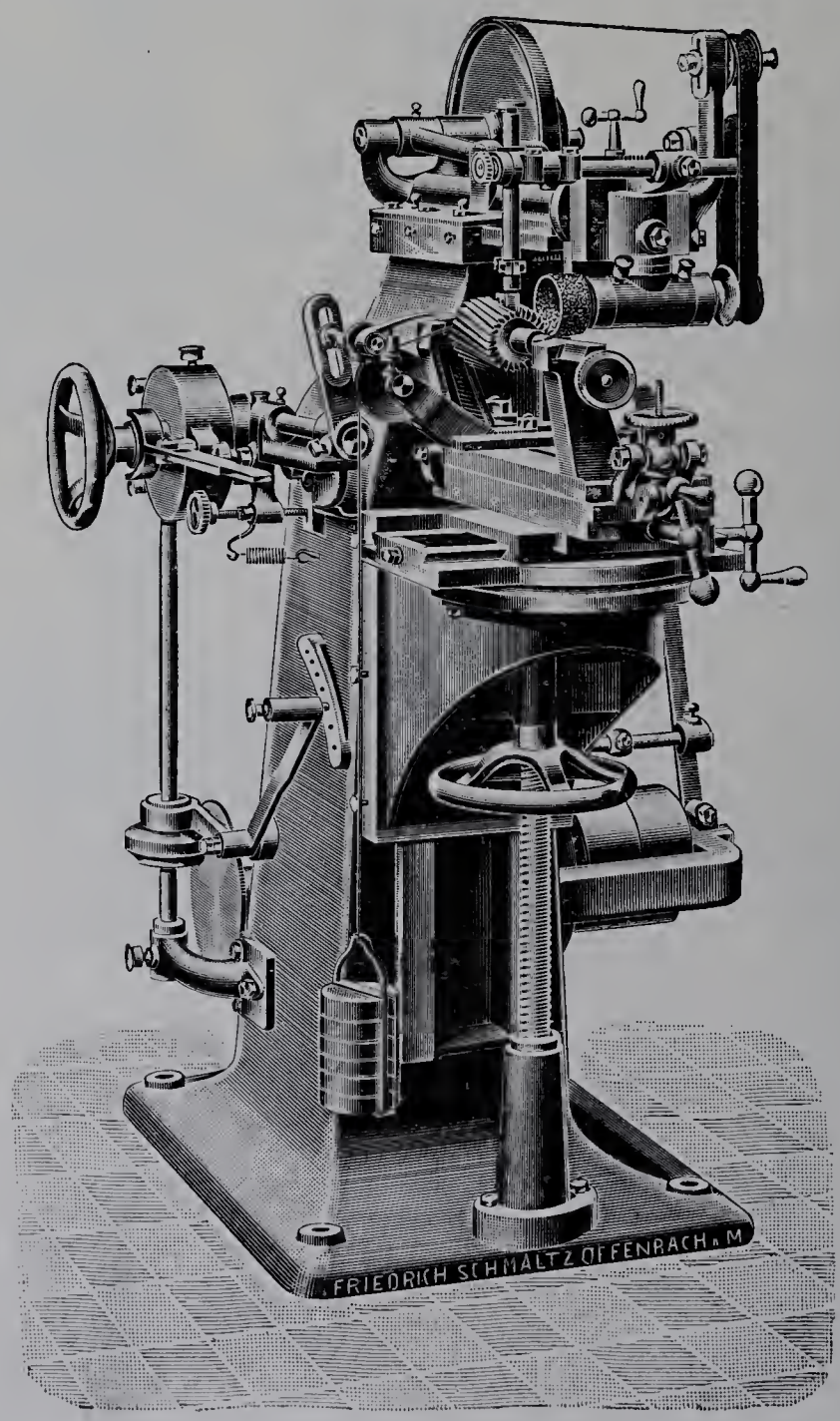


Fig. 185. — Machine automatique pour l'affûtage et le creusage des fraises (Schmaltz).

Le mouvement général est transmis par galet et disque de friction, permettant de changer instantanément la vitesse, d'abord à un arbre intermédiaire, puis à un arbre parallèle qui traverse le bâti de la machine et commande, à chacune de ses extrémités, les deux mouvements automatiques. Ce dernier arbre, à l'aide d'une biellette fixée, d'une

part, en un point excentré d'un plateau monté sur son axe et, d'autre part, en un point d'une bielle oscillante, communique un mouvement de va-et-vient au coulisseau de l'arbre porte-meule; mais, pour compenser la variation de vitesse de la bielle oscillante et donner un mouvement sensiblement uniforme à la tête de la machine, l'arbre en question est animé d'un mouvement varié qu'il reçoit directement de l'arbre intermédiaire par deux engrenages, l'un excentré, l'autre elliptique. Le même arbre assure, de l'autre côté de la machine, la division pour passer d'une dent à l'autre, à l'aide d'un toc en saillie faisant à chaque tour osciller un axe qui transmet son déplacement au doigt d'avance des dents de la fraise; le toc est, d'ailleurs, disposé de telle sorte que le mouvement de poussée se produit dans l'intervalle de deux mouvements de va-et-vient de la meule, au moment où l'affûtage d'une dent est terminé.

La machine utilisant soit des meules à boisseau pour l'affûtage du dessus des dents, soit des meules à cuvette pour le creusage sur le devant, l'axe de la meule est, d'une façon générale, perpendiculaire à la direction de la coulisse et à l'axe de la fraise, mais il peut, pour le réglage, recevoir un déplacement vertical et un mouvement d'orientation autour d'un axe vertical; le mouvement de rotation de la meule est donné par une poulie qui, recevant son mouvement de la commande générale de la machine, suit le glissoir dans son déplacement et transmet son mouvement à la meule à l'aide d'une courroie passant sur des galets de renvoi.

La fraise est montée entre pointes sur la table horizontale de la machine, qui possède tous les réglages, et présentée, suivant le cas, en dessous de la meule ou latéralement. Le guidage du mouvement est obtenu à l'aide d'une lame fixée à la tête porte-meule et maintenue engagée contre la fraise dans la rainure de la dent voisine de celle en affûtage, par l'action d'un ressort à boudin. La lame-guide se déplace avec le porte-meule et force la fraise à tourner légèrement sur son axe suivant la direction même de la dent dans laquelle elle est engagée; elle est, de plus, appuyée contre la dent voisine par l'effet d'un contre-poids dont le fil enroulé sur l'axe porte-fraise tend à faire tourner la fraise en sens inverse. Lorsque le meulage d'une dent est terminé, le doigt fait avancer la fraise d'une dent, en même temps que le guide, comprimant son ressort, saute une dent et retombe dans la rainure suivante.

Un appareil, qui peut recevoir une inclinaison variable, permet de monter en l'air les fraises pour les affûter suivant un cône ou en bout.

3° **Machines à affûter avec reproducteur.** — Les *usines de Koping* construisent une petite machine qui permet l'affûtage des fraises ordinaires de profil quelconque; un appareil qui porte à la fois la fraise et son gabarit est placé à plat sur une table horizontale et promené de façon qu'une touche fixée sur la table reste toujours en contact avec le gabarit, en même temps que la meule, dont l'axe peut s'incliner de zéro degré à 45 degrés dans un plan vertical, reproduit sur chaque dent de la fraise le contour du gabarit.

La machine à affûter de M. Kreutzberger a subi depuis son apparition, en 1878, en particulier en 1889 et 1892, d'importants perfectionnements qui en ont facilité et

étendu l'emploi; elle est aujourd'hui la plus complète de toutes les machines à affûter et mérite seule la qualification d'universelle, dans toute l'acception du mot; elle permet l'affûtage sur le devant de la dent des fraises de forme dites *américaines*, et sur le dessus

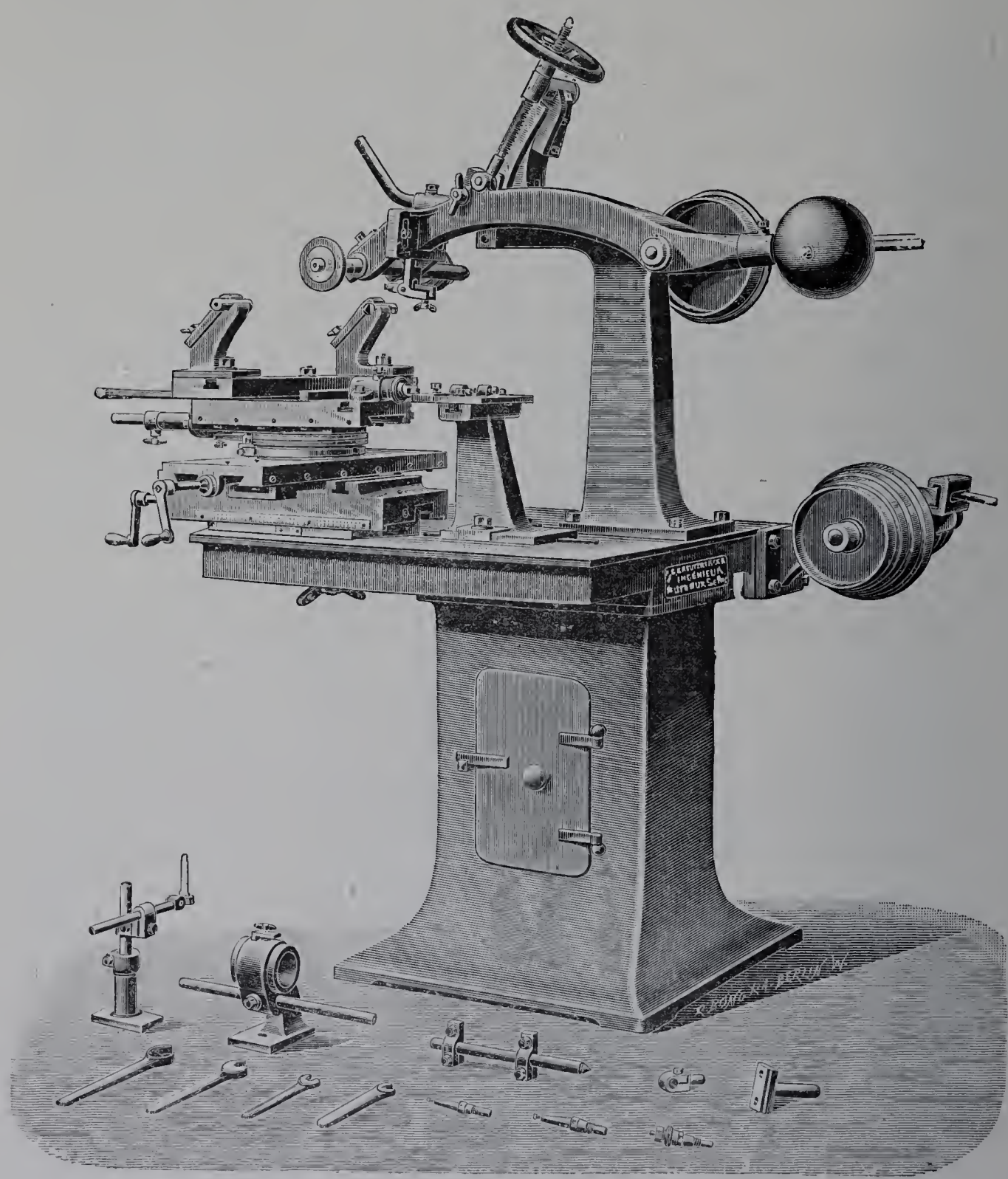


Fig. 186. — Machine à affûter les fraises de M. Kreutzberger.

de la dent des fraises *ordinaires* à profil droit, circulaire ou de forme quelconque, à denture droite ou hélicoïdale.

D'une façon générale, la génératrice de la fraise se présente au contact de la meule suivant la loi de la génération du profil, mais le meulage peut se faire de deux façons différentes, l'axe de la fraise et celui de la meule se trouvant sensiblement soit dans un

plan horizontal, soit dans un plan vertical; cette dernière disposition est souvent avantageuse dans l'affûtage des fraises à profil quelconque et à denture hélicoïdale.

La machine comprend deux parties principales, l'une qui se rapporte à l'arbre porte-meule et à ses organes de commande du mouvement de rotation, l'autre qui concerne le support de la fraise et la superposition des chariots et disques qui permettront à la fraise d'évoluer autour de la meule en ligne droite sous un angle quelconque par rapport à l'axe ou circulairement.

L'axe porte-meule reçoit sa commande d'un cône à quatre étages porté par l'arbre principal de la machine sur une poulie montée folle sur une douille et faisant l'entraînement par deux taquets, de façon à éviter les effets du tirage de la courroie. Il est fixé avec sa douille dans un support à deux bras qui peut prendre, pour la facilité du meulage, une inclinaison de 12 à 15 degrés et est disposé sur le devant d'un battant équilibré. Une vis de réglage retient le support à la hauteur voulue, grâce à un volant qui sert à la fois d'écrou et de butée et s'appuie sur une douille fixe reliée à un montant invariablement fixé sur la table. On peut donc, sans déranger le réglage, éloigner, puis rapprocher la meule de la fraise, si l'opération l'exige.

L'ensemble des organes destinés à supporter les fraises est monté sur un sabot fixé à la table de la machine et comprend un chariot pouvant se déplacer transversalement sur le sabot avec graduation et vernier pour le réglage, un chariot longitudinal pour les déplacements rectilignes pendant le travail, un disque avec graduation et vernier, permettant la rotation autour de son centre, puis une glissière transversale dont le mouvement, assuré à l'aide d'un levier à main, est utilisé pour la reproduction; le porte-fraise proprement dit qui surmonte le tout comprend soit deux poupées pour prendre les fraises en pointes, soit un support à douille pour prendre les fraises en l'air. Des butoirs, munis de vis micrométriques, montés sur le chariot longitudinal et le disque rotatif, complètent la machine. S'il s'agit de fraises à denture droite, le cliquet, qui n'agit que comme diviseur, est fixé au chariot supérieur; s'il s'agit de fraises à denture hélicoïdale, le cliquet devient diviseur et conducteur; il est nécessaire qu'il occupe une position fixe et est alors fixé au chariot inférieur.

Grâce à ces dispositions, on peut obtenir des déplacements rectilignes sous un angle quelconque et affûter des cylindres et des cônes à dents droites ou hélicoïdales; mais, de plus, on peut affûter des arcs de cercle convexes ou concaves, en donnant un mouvement de rotation au disque, dont le centre aura été convenablement placé par rapport au bord de la meule. Dans ce but, l'axe vertical des disques se trouve par construction à l'aplomb de l'axe porte-meule, quand le chariot inférieur est au zéro et quand l'axe du porte-meule se trouve à la hauteur des axes des fraises à meuler et dans le même plan, ce qui est assuré au moyen d'une cheville qui traverse le battant et se loge dans le montant. Il suffit donc de connaître le rayon de la meule, le rayon de la partie circulaire à meuler, d'additionner les deux nombres, de régler le chariot inférieur en conséquence, puis de mettre la fraise à meuler en contact avec la meule au moyen du chariot supérieur transversal pour pouvoir ensuite, par la rotation autour de l'axe du disque, affûter suivant l'arc

de cercle convenable. Les fraises dont les génératrices sont composées de lignes droites, cylindriques ou coniques, ou encore se raccordant à des arcs de cercle convexes ou concaves, peuvent donc être affûtées d'une venue, en réglant convenablement les butées.

Pour l'affûtage des fraises de forme sur le dessus de la dent, on peut soit appuyer contre un guide le chariot transversal supérieur, soit laisser reposer le battant sur une forme placée dans le prolongement de l'axe de la fraise.

Enfin, pour l'affûtage des fraises de forme américaines, qui s'affûtent sur le devant de la dent, il suffit de monter dans le support à douille un tourillon percé transversalement au diamètre des ouvertures des fraises, en les enfilant sur une tige ronde d'égal diamètre; on guide à la main, à défaut de disposition spéciale, la fraise en dessous et le long de la meule.

MACHINES À AFFÛTER LES SCIES.

L'affûtage des scies droites, circulaires ou à ruban se fait généralement à la meule d'émeri; cependant certains praticiens préfèrent l'affûtage à la lime, tout au moins pour les scies à petite denture; ils prétendent que la meule d'émeri détrempe toujours les extrémités des dents, légèrement il est vrai, mais suffisamment pour que, dans le sciage des bois noueux, les extrémités des dents se faussent et s'émoussent. Quel que soit, d'ailleurs, le procédé employé, l'opération peut être faite mécaniquement.

L'affûtage peut comprendre deux opérations, l'une sur le dessus de la dent qui rafraîchit la coupe, l'autre sur le devant de la dent qui approfondit en même temps l'échancrure; dans l'affûtage des scies à petite denture, les deux opérations sont faites simultanément. L'opération supplémentaire qui consiste à donner la voie aux scies à bois est souvent faite mécaniquement sur la machine même à affûter. Enfin l'affûtage se complique quelquefois de la taille en biseau, qui s'applique surtout aux scies à bois et consiste à incliner les arêtes de coupe successivement en sens contraire, de façon que chaque dent fasse son attaque obliquement, comme un outil de tour ou de raboteuse.

Dans les machines à affûter les plus simples, l'opération se fait à la main, s'il s'agit de scies à ruban, en les montant sur un banc d'affût et en opérant avec un tiers-point; s'il s'agit de scies droites ou circulaires, en enfonçant à l'inclinaison voulue, dans l'intervalle de deux dents, une meule d'émeri, montée sur un levier ou un balancier.

En ce qui concerne les machines automatiques, nous allons nous occuper d'abord des affûteuses à la meule d'émeri; nous dirons ensuite quelques mots des affûteuses à la lime.

D'une façon générale, le mouvement d'avance et de division pour passer d'une dent à la suivante a lieu par cliquet prenant appui sur les dents de la scie comme rochet ou, souvent dans les scies circulaires, sur un plateau diviseur ayant le même nombre de dents que la scie; ce mouvement est généralement obtenu par came, ainsi que le mouvement de balancement de la meule pour entrer et sortir de la dent.

M. Huré présente une machine à affûter automatiquement les scies circulaires, dans

laquelle le disque, monté sur un axe vertical, est muni du diviseur habituel ayant le même nombre de dents que la scie à affûter, mais le mouvement est obtenu, non par cliquet, mais par une vis sans fin constituée de deux parties distinctes; la première, occupant un tiers du tour du cylindre, est filetée au pas du diviseur et produit le mouvement d'avance; la deuxième, formant les deux tiers du tour, est munie de gorges circulaires, normales à l'axe, et maintient le diviseur immobile pour laisser à la meule, qui est montée sur un levier oscillant commandé par une came, le temps d'entrer et de sortir de la dent.

Dans la machine de M. Mennessier, la scie circulaire est montée, ainsi que le diviseur, sur un axe horizontal. La meule, portée par un battant, possède un mouvement combiné de droite à gauche et de haut en bas, obtenu par un plateau excentrique et une came, et suit la forme exacte de la dent. L'affûtage à biseau est obtenu en inclinant la scie dans un sens et en produisant l'avancement par deux dents à la fois, puis en recommençant l'opération sur les dents qui restent à affûter et inclinant la scie en sens inverse.

Depuis 1883, MM. Panhard et Levassor construisent une machine à affûter les scies à ruban dont tous les mouvements sont automatiques. La scie est montée sur deux poulies horizontales, la denture tournée vers le haut; la meule est montée à l'extrémité d'un balancier qui possède deux mouvements, l'un qui est utilisé pour l'affûtage du devant de la dent, l'autre pour l'affûtage du dessus, mais qui ne sont généralement utilisés tous les deux que dans les dentures écartées. Un cliquet, dont on règle la course d'après l'écartement de la denture, fait osciller la scie d'une dent à chaque oscillation du balancier. Cette succession de mouvements se répète d'une façon continue. La meule peut s'incliner plus ou moins pour l'affûtage de dents ayant plus ou moins de coupe, et un plan à inclinaison variable, placé sur le devant, modifie l'oscillation du balancier suivant les différentes formes de dentures.

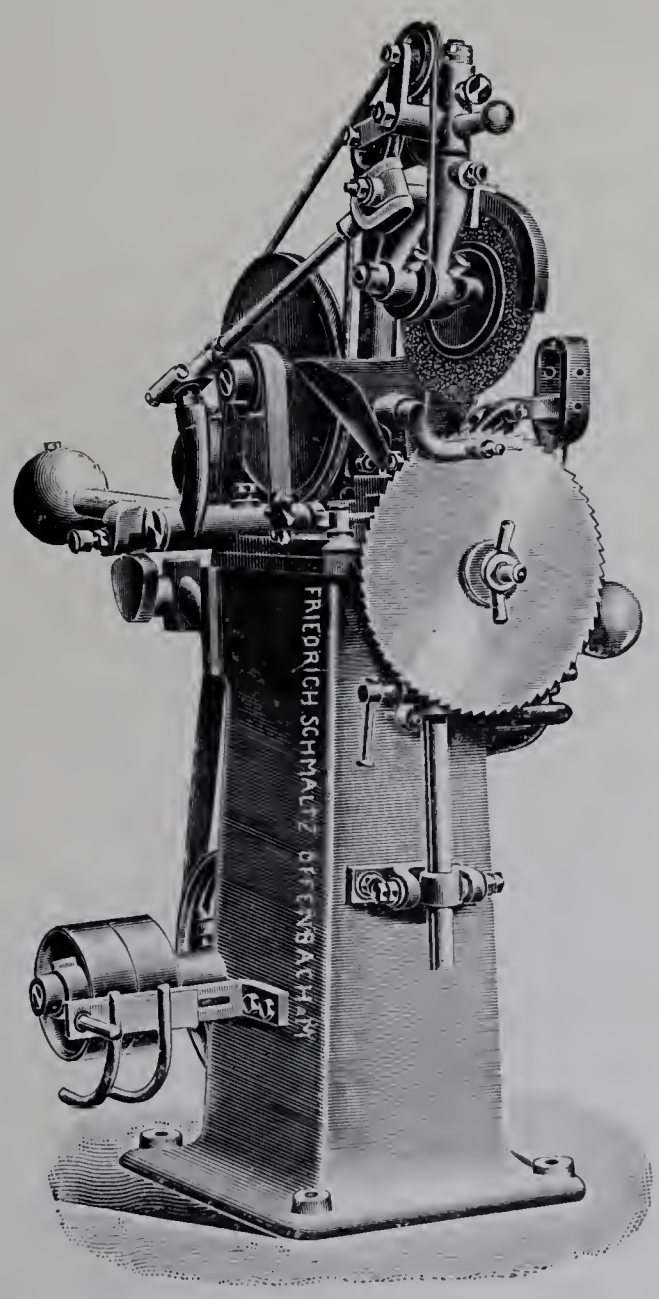


Fig. 187. — Machine automatique à affûter à biseau une scie circulaire (Schmaltz).

M. Schmaltz expose une série de machines automatiques pour l'affûtage des dents de scies circulaires ou à ruban, donnant à volonté un affûtage droit ou à biseau. Le bâti général de la machine porte, vers la partie inférieure, un arbre de commande qui

reçoit son mouvement de la transmission et le communique à deux poulies, l'une qui actionne un arbre à trois cames, placé à l'arrière de la machine, l'autre qui produit la rotation de la meule. Des trois cames de l'arbre intermédiaire, la première fait avancer automatiquement les dents de la scie en affûtage au moyen d'un système de trois leviers, dont le dernier porte un cliquet; la seconde donne à la tête porte-meule son mouvement alternatif de haut en bas; la troisième, qui a une forme triangulaire excentrée, donne à la meule un mouvement alternatif dans deux plans différents, pour l'affûtage à biseau, au moyen d'un levier coudé à contrepoids et d'une barre de traction reliés par un joint articulé. La tête porte-meule est réglable dans toutes les directions.

Lorsqu'on affûte droit, le mouvement alternatif de la tête porte-meule peut être facilement supprimé en enlevant la barre de traction et fixant la tête dans une position moyenne.

Les scies à ruban sont montées sur un appareil de tension spécial, et les scies circulaires sur un axe fixé au bâti-support de la machine; d'ailleurs, ces machines s'appliquent également à l'affûtage des scies droites à châssis.

Dans les machines à affûter à la lime, le mouvement de va-et-vient est donné à l'outil par bielle et manivelle, mais la lime, en outre de son mouvement alternatif, doit être légèrement soulevée, lorsqu'elle s'éloigne de la lame de scie. Dans les affûteuses pour rubans (Pratt, Pratt et Blanc, Ransome), le mouvement d'avance est donné par cliquet en prenant comme rochet les dents mêmes de la scie; M. Mennessier, dans le but de conserver le fil couché sur la dent précédemment affûtée, donne l'avance en sens inverse à l'aide de deux galets presseurs qui maintiennent la lame et sont mis, d'une façon alternative, en mouvement à l'aide d'un encliquetage.

La voie est automatiquement donnée soit à l'aide de deux poinçons qui se meuvent alternativement et font ployer les dents, soit à l'aide d'une tige disposée à son extrémité en tourne-à-gauche et recevant un mouvement alternatif, de façon à imprimer une torsion à la dent (Mennessier).

Dans les machines à affûter à la lime les scies circulaires, M. Mennessier monte sur l'arbre porte-scie un diviseur du même nombre de dents que la scie à affûter et l'actionne par cliquet.

MACHINES DIVERSES.

Machines à rectifier l'intérieur des trous circulaires. — Cette catégorie de machines est destinée à la rectification intérieure des pièces qu'on a intérêt à ne pas faire tourner; elles reposent sur la rotation de l'arbre porte-meule autour de son axe et autour d'un deuxième axe parallèle dont la distance au premier peut varier à volonté.

M. Demoor dispose horizontalement l'arbre porte-meule; dans son modèle le plus fort, un banc porte, d'une part, une équerre robuste sur laquelle est fixée une table verticale réglable dans les deux sens et pourvue de rainures horizontales pour la fixation des pièces à rectifier, et, d'autre part, une poupée porte-meule assujettie à un chariot

sur lequel elle peut être réglée à la main. Ce chariot est monté à coulisse sur le banc du bâti et peut prendre un déplacement longitudinal alternatif automatique, dont la course est réglée à l'aide de butées. Pendant le travail, l'arbre porte-meule est donc animé d'un déplacement longitudinal parallèlement à son axe et d'un double mouvement de rotation, l'un autour de son axe et l'autre excentriquement, suivant un rayon qui peut varier de 0 à 6 millimètres.

La machine du même constructeur destinée aux pièces de moindres dimensions présente l'aspect général d'une machine à fraiser horizontale à potence. La poupée porte-meule est fixée sur le bâti, tandis que la table de travail repose sur une console pouvant coulisser verticalement et recevoir un réglage en hauteur. C'est cette table qui possède le mouvement longitudinal alternatif automatique, dont la course est réglée par des butées et dont la commande est transmise par un arbre télescopique et des joints à la Cardan.

M. Schmaltz dispose l'arbre porte-meule verticalement et lui donne le mouvement de va-et-vient et les deux mouvements de rotation nécessaires à l'exécution du travail; le rayon d'excentricité des deux axes peut varier de 0 à 20 millimètres. La table horizontale est supportée en potence et possède des mouvements de réglage dans trois directions.

Machine à rectifier les coulisses de locomotives (Progrès industriel). — La Société « le Progrès industriel » expose une machine spécialement destinée à rectifier les coulisses des locomotives. La pièce, suspendue verticalement par son axe, reçoit autour de cet axe un mouvement d'oscillation presque uniforme d'un chariot mis en mouvement par une vis et marchant alternativement dans les deux sens; l'arbre porte-meule horizontal traverse la coulisse et est soutenu par une contre-pointe; il reçoit un mouvement de va-et-vient suivant son axe.

Machines à rectifier les cônes et les cuvettes de bicyclettes (Pratt et Whitney). — MM. Pratt et Whitney exposent deux spécimens de leurs machines pour la rectification automatique, intérieure et extérieure, des cônes et des cuvettes pour bicyclettes et des pièces analogues. Le modèle simple comprend, réunis sur un même banc, une poupée horizontale, qui communique son mouvement de rotation à la pièce, et un appareil à rectifier comprenant une petite meule à axe horizontal, qui se promène en suivant le contour du profil, tout en lui restant à peu près normal. Pour la rectification intérieure, les pièces sont prises dans un mandrin fendu à étages dont le serrage est obtenu par ressorts; pour la rectification extérieure, elles sont montées sur un mandrin expansible. L'axe porte-meule est disposé sur un plateau circulaire sous lequel une came animée d'un mouvement de rotation automatique agit sur deux glissières à angle droit superposées, pour faire parcourir à la meule un chemin déterminé.

Une machine plus complète a été étudiée pour la rectification des cuvettes après leur emmanchement dans le moyeu; elle comprend deux appareils à rectifier, semblables

à celui de la machine simple et disposés l'un à droite, l'autre à gauche de la pièce, qui est portée par une poupée spéciale possédant un mandrin à action rapide qu'on

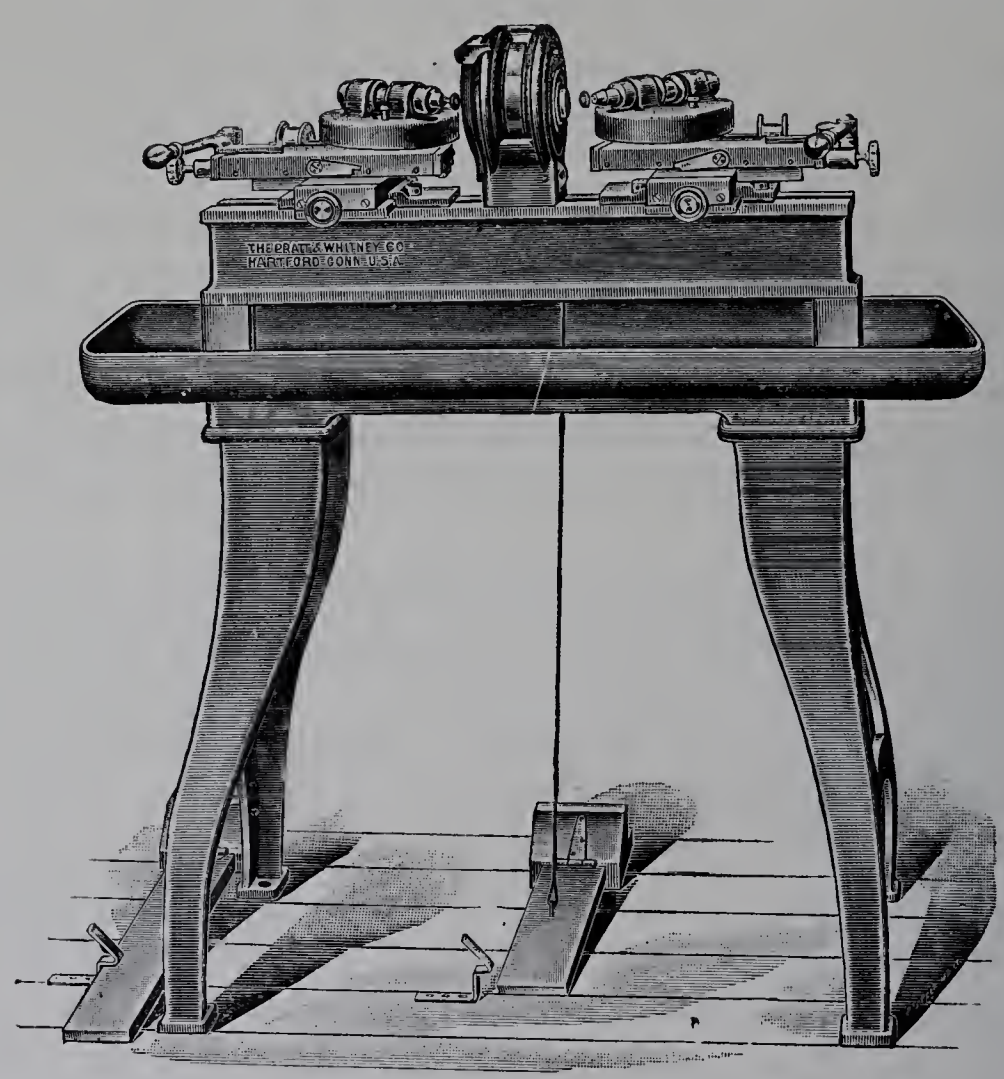


Fig. 188. — Machine disposée pour la rectification des cuvettes après leur emmanchement dans le moyeu (Pratt et Whitney).

manœuvre par une pédale; dans ce cas, les deux cuvettes sont rectifiées automatiquement en même temps.

CHAPITRE XI.

MARTEAUX-PILONS.

Marteau-pilon à main. – Marteaux-pilons à courroie de friction. – Marteaux-pilons à tige de friction. – Marteaux à excentrique et à ressort. – Marteaux-pilons atmosphériques. – Marteaux-pilons à vapeur.

Les marteaux-pilons que nous avons eu à examiner étaient en nombre restreint et appartenaient généralement à des types déjà connus; ils comprenaient surtout des marteaux-mécaniques, dont le poids de la masse frappante ne dépassait pas 500 kilogrammes. Quant aux quelques pilons à vapeur qui étaient exposés, ils étaient de puissance relativement faible, le poids de leur marteau n'atteignait qu'exceptionnel-

lement 1,000 kilogrammes; c'étaient surtout des outils d'atelier, à double effet et automoteurs.

Marteau-pilon à main. — M. Richourg présentait un marteau-pilon à main qui figurait déjà à l'Exposition de 1889. L'ouvrier, pour mettre en action le marteau, appuie sur un levier qui, par roue dentée, crémaillère et cliquet, agit sur une crémaillère portée par la tige du marteau; il règle la hauteur de chute en relevant le levier plus ou moins haut et faisant tomber dans l'une ou l'autre des dents de la crémaillère le cliquet qui, arrivé en haut de sa course, rencontre un galet fixe qui le dégage. Le poids de la masse tombante est de 20 kilogrammes; la plus grande hauteur de chute est de 0 m. 6, mais un ressort disposé à la partie supérieure du logement de la tige est bandé à la remonte et exerce sur le marteau un effort d'environ 20 kilogrammes.

Marteaux-pilons à courroie de friction. — Déjà, en 1867, M. Cheret et M. Deny exposaient des marteaux dans lesquels le mouton proprement dit est lié à une courroie de friction embrassant, sur la moitié de sa périphérie, une poulie supérieure toujours en mouvement, sur laquelle elle glisse sans être entraînée. Mais si l'on tire l'autre brin de la courroie de manière à le tendre, le frottement devient suffisant pour que l'entraînement ait lieu; le mouton est alors soulevé et retombe aussitôt qu'on cesse la traction. Comme l'adhérence de la courroie sur la poulie ne peut être que nuisible pendant la chute, les constructeurs munissent la poulie d'isolateurs qui agissent lorsqu'on cesse de tirer sur la courroie. MM. Lépine et Grimar évident la partie médiane de la poulie et y logent un ressort formé d'un fil courbé dont une extrémité est attachée au bâti et dont l'autre est libre; M. Barbier fait reposer la courroie sur trois couples de petits galets actionnés par des ressorts et faisant saillie sur la poulie.

Marteaux-pilons à tige de friction. — Dans cette catégorie de marteaux-pilons, le soulèvement a lieu par la friction de deux galets tournant en sens inverse sur la tige du marteau; en général, l'axe d'un des galets est fixe; l'autre peut être rapproché ou écarté par la manœuvre d'une tringle reliée à un levier à main. La tige des modèles exposés par M. Barbier et par M. Jules Le Blanc est constituée par une barre plate en bois dur; dans le modèle de M. Hanzer (fig. 189), elle est en fer et le mécanisme de soulèvement se compose d'un système de quatre galets disposés par paire, l'une au-dessus de l'autre, et montés sur un parallélogramme articulé qui peut osciller autour des axes de deux galets superposés; en appuyant sur le levier de manœuvre, on détermine la déformation du parallélogramme, et les deux galets mobiles, qui seuls sont animés d'un mouvement de rotation, viennent s'appliquer contre la tige pour la faire monter; en lâchant le levier, le parallélogramme reprend sa position première et, les galets n'adhérant plus à la planche, le marteau retombe par son propre poids. Les masses frappantes des marteaux de ce système ne dépassent généralement pas 500 kilogrammes.

M. Bliss expose un petit marteau à tige de friction en bois, dont le poids de la frappe varie de 27 à 36 kilogrammes et qui est destiné à l'estampage des pièces d'hor-

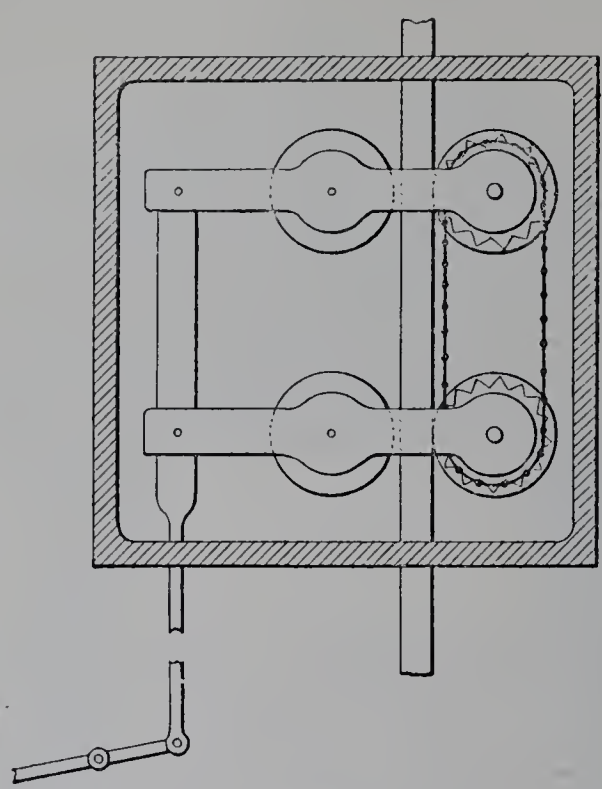


Fig. 189. — Tête du marteau Hanzer.

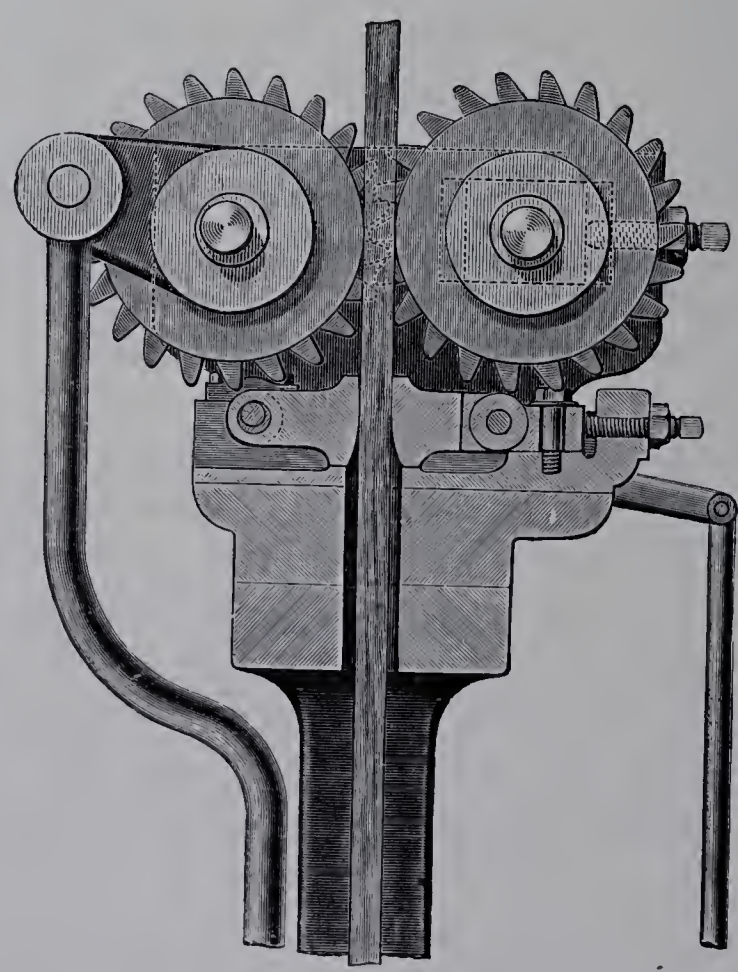


Fig. 190. — Tête du marteau Bliss-Stiles.

logerie ou de bijouterie. Le rouleau fixe communique le mouvement de rotation au rouleau mobile, qui est fou sur son arbre, par une paire de roues dentées. L'axe du

rouleau fou est excentré par rapport à l'axe de l'arbre et une bielle adaptée à une tige verticale de manœuvre sépare les galets par le relèvement de la tige et les rapproche par son abaissement. En abandonnant la tringle à son propre poids, le marteau remonte jusqu'à ce qu'il rencontre un collier de butée fixé en un point de la tringle

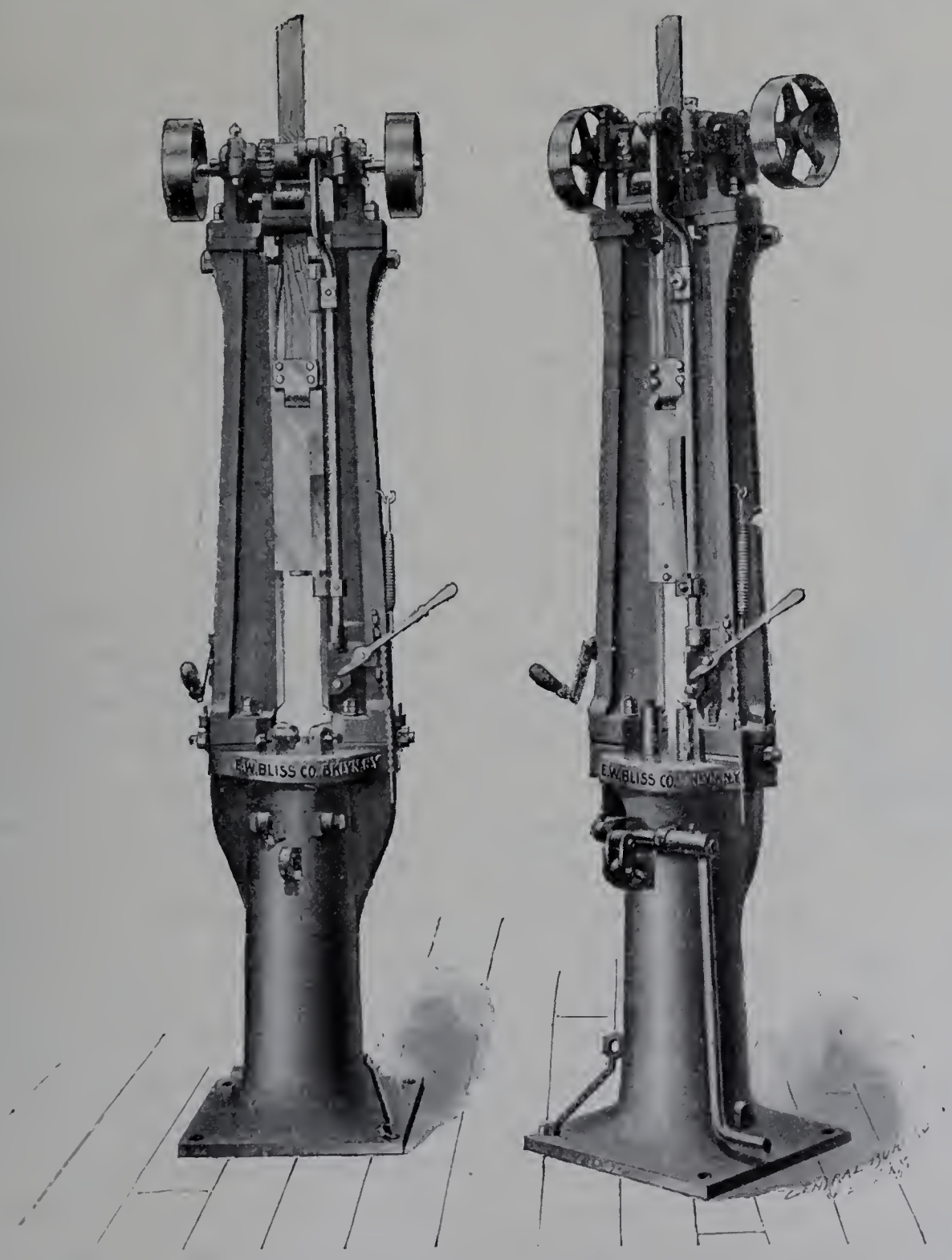


Fig. 191. — Mouton automatique à planche pour travaux d'horlogerie (Bliss-Stiles).

correspondant à la hauteur de chute que l'on veut obtenir et fait ouvrir les rouleaux en soulevant la tringle, mais alors une paire de mâchoires excentrées, placées au-dessous des rouleaux et dont la forme de la surface d'appui est telle qu'elles n'empêchent pas la planche de monter, mais qu'elles coincent dans le sens de la descente, arrêtent le marteau jusqu'au moment où, par la manœuvre d'un levier (gauche) produisant l'ou-

IMPRIMERIE NATIONALE.

verture des mâchoires, la tige de friction devient libre et le marteau tombe; arrivé au bas de sa course, le marteau, en agissant sur un galet, abondonne de nouveau la tringle à son propre poids et remonte sous l'action des rouleaux.

On fait varier la hauteur de chute du marteau en déplaçant le collier de butée et on arrête instantamément la marteau dans sa chute en lâchant le levier (gauche).

Marteaux à excentrique et à ressort. — Les marteaux système Shaw et Justice (Philadelphie), dans lesquels le mouvement de va-et-vient vertical est donné à un coulisseau par bielle et manivelle et la frappe est suspendue par l'intermédiaire d'un ressort à étages de lames, apparurent pour la première fois à l'Exposition de 1867; ils conviennent pour des masses frappantes dont le poids ne dépasse guère 125 kilogrammes. M. Guyot exposait deux spécimens de marteaux de ce genre du poids de 25 kilogrammes, l'un simple, l'autre double avec marteau à droite et marteau à gauche, pouvant être mis séparément ou simultanément en marche.

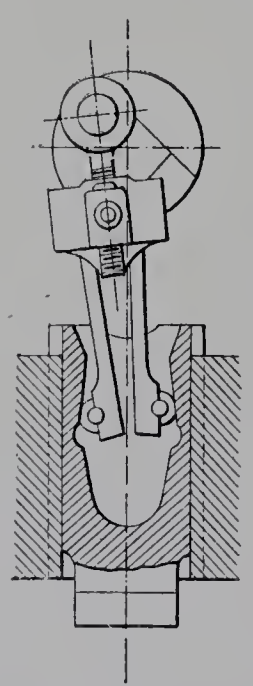


Fig. 192. — Attelage de la bielle et du battant (Massey).

M. Massey présentait un modèle légèrement différent de celui généralement connu. La bielle, en deux parties, permet, comme dans le type courant, de modifier les positions entre lesquelles s'accomplit la course du marteau, selon l'épaisseur de l'objet mis en œuvre, mais, de plus, l'excentricité du bouton de manivelle est réglable sur le plateau moteur et permet d'approprier la grandeur de la course au genre de travail. Quand à l'attelage de la bielle et du battant, il est combiné de la façon suivante : à la partie inférieure de la bielle, sont fixés deux ressorts à lames analogues à ceux qui sont employés sur les voitures de chemin de fer et pourvus à leurs extrémités inférieures de galets en acier, qui prennent contact avec la surface tronconique d'un évidement ménagé dans l'intérieur du battant. Quelles que soient l'étendue et la position de la course, la force du coup peut être modifiée dans une certaine mesure par la variation de la pression de l'ouvrier sur la pédale; suivant la vitesse de l'arbre à manivelle, et sous l'influence de la raideur des ressorts, les galets peuvent demeurer dans les cavités qui leur sont ménagées à la naissance des plans inclinés ou monter sur ces plans inclinés et lancer le battant avec force.

Marteaux-pilons atmosphériques. — M. Pinchart-Deny expose un marteau pneumatique, système Arns, commandé par dynamo. Nous rappellerons en quelques mots le principe du fonctionnement de cette machine : deux pistons indépendants, le supérieur, relié à une bielle montée sur un plateau-manivelle, l'inférieur, portant la frappe, se meuvent librement dans un cylindre ouvert à ses extrémités et fixé au bâti. Lorsque le piston supérieur conduit par la bielle effectue sa course ascendante, le piston inférieur, poussé par la pression atmosphérique, suit le même mouvement; cette ascension de la frappe continue, en vertu de la vitesse acquise, même après que le piston supé-

rieur, ayant dépassé son point mort, commence à redescendre; il résulte de ces deux mouvements en sens contraire une compression énergique de l'air, qui précipite la frappe sur l'enclume avec une grande vitesse. Un robinet placé sur le côté du cylindre permet, en laissant pénétrer entre les deux pistons une quantité d'air plus ou moins grande, de régler à volonté l'énergie des coups, et même, par la combinaison d'un frein, d'arrêter instantanément la frappe en un point quelconque de sa course.

Ce marteau, qui convient plus spécialement au travail d'étirage, s'emploie également avec avantage pour le planage des tôles.

C'est sur le même principe que repose le marteau à air comprimé construit par M. Lang, de Budapest, et destiné à rabattre les bandages des roues de wagon. Le marteau proprement dit présente les dispositions générales précédentes; toutefois, pour obtenir une percussion oblique, le cylindre est en deux parties : la supérieure verticale dans laquelle se meut le piston relié à la bielle, l'inférieure légèrement oblique dans laquelle se meut le piston-frappe. Sous le marteau se trouve la chabotte d'enclume en fonte, dont la surface supérieure porte le billot, présentant la forme de la surface périphérique du bandage. La roue est supportée par un plateau rotatif qui est actionné mécaniquement par roue et vis sans fin et qui, de plus, peut être déplacé par rapport au marteau, sur la plaque de base, de façon à permettre de travailler des roues de différents diamètres.

MM. Samuelson et Cie présentaient un marteau Samuelson-Longworth (1896), dans lequel l'intensité du coup est réglée par un coussin d'air dont le volume, sous le piston d'un cylindre régulateur, peut varier au moyen d'une valve que manœuvre l'ouvrier (fig. 193).

Le marteau est suspendu à une tige portant deux pistons, qui se meuvent dans deux cylindres différents. Le cylindre inférieur agit pour régler l'intensité du coup et communique avec l'atmosphère à l'aide d'une série de lumières qui peuvent être ouvertes ou fermées, une ou plusieurs à la fois, par la manœuvre d'un levier à main ou d'une pédale. Le cylindre supérieur communique directement avec l'atmosphère par une double rangée de trous qui permettent d'emprisonner l'air soit au-dessus, soit au-dessous du piston supérieur; il est relié par une crosse et deux bielles à une des extrémités d'un levier coudé à bascule pivotant autour d'un support fixe, tandis que l'autre extrémité est commandée par un plateau-manivelle.

Lorsque la manivelle est mise en mouvement, le levier à bascule soulève les bielles et en même temps le cylindre supérieur, jusqu'à ce que le piston du haut empêche l'échappement de l'air par la rangée inférieure de trous; cet air, étant alors comprimé par le cylindre qui continue à s'élever, soulève à son tour le piston et par suite le marteau. Lorsque la manivelle dépasse le bas de sa course, le cylindre supérieur descend plus rapidement que le piston, jusqu'à ce qu'il ferme la communication par la plus haute rangée de trous; l'air est alors comprimé et le mouvement de chute du piston et du marteau est par suite accéléré. Si maintenant le cylindre inférieur est en communication avec l'atmosphère par ses lumières les plus basses, le marteau descendra à son

point le plus bas, c'est-à-dire sur la face de l'enclume, et le coup sera donné avec toute sa force; mais si toutes les lumières sont fermées, le piston inférieur comprimera

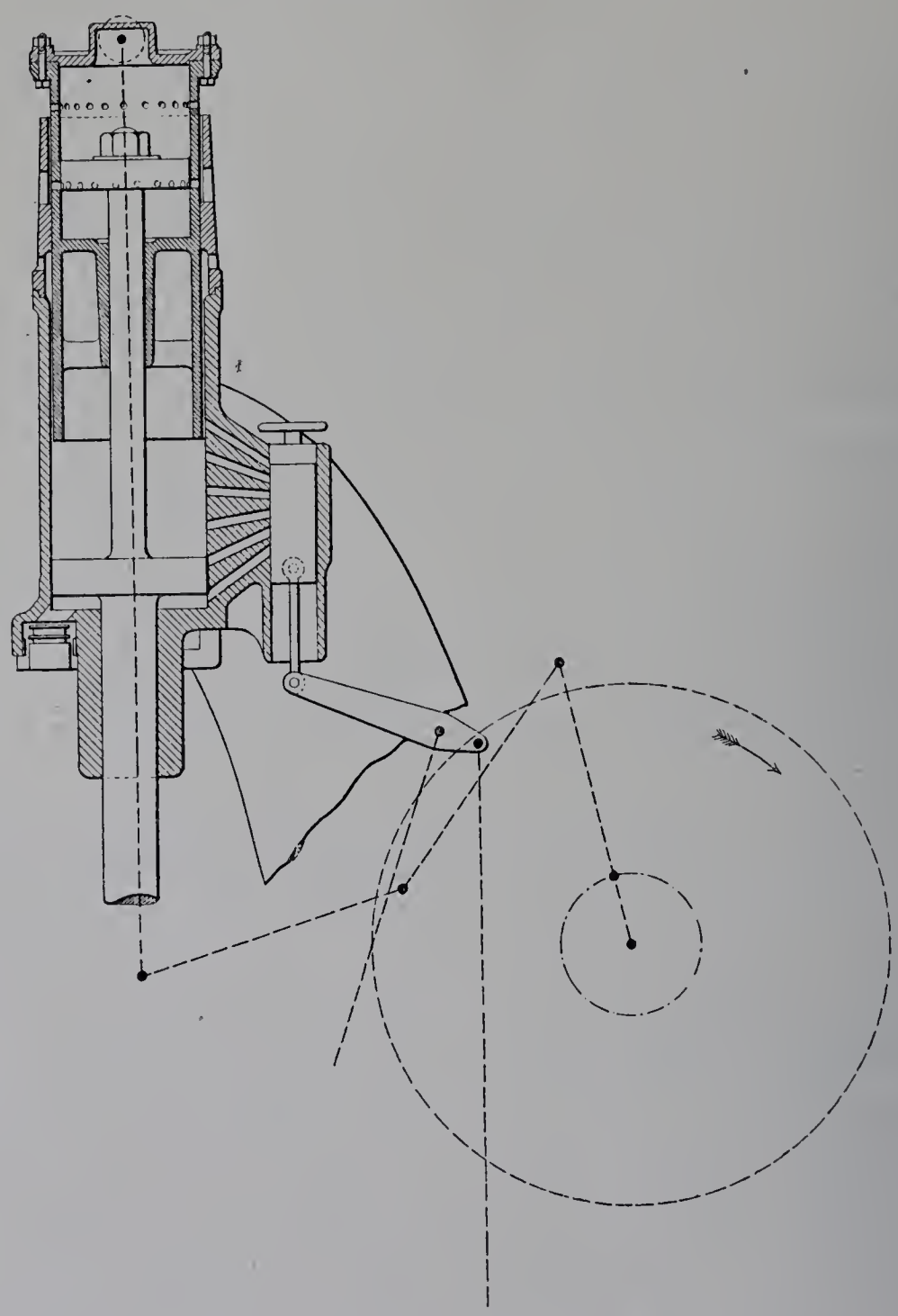


Fig. 193. — Coupe du marteau Samuelson-Longworth.

l'air dans le fond du cylindre de réglage jusqu'à ce que la pression soit suffisante pour pouvoir supporter le poids qui tombe, et le marteau ne pourra pas frapper l'enclume.

La valve à piston cylindrique, qui ouvre et ferme les lumières, est maintenue par un ressort dans sa position normale, les bouchant toutes; lorsque le marteau est soulevé, le piston agit sur le coussin d'air, comme il vient d'être dit, et la pièce à travailler peut être placée promptement sur l'enclume. En découvrant une ou plusieurs des lumières, on fait varier le coussin d'air et on règle la force du coup; ou encore, en ouvrant et fermant successivement les lumières, on obtient un seul coup sur la pièce.

Marteaux-pilons à vapeur. — Certains marteaux-pilons de MM. Massey et de MM. Twaites frères sont à tige de fort diamètre, sans guide, avec jambage unique en col de cygne, permettant le forgeage de pièces de forme encombrante. Dans le modèle de MM. Bement-Miles, le marteau est guidé par des glissières en forme de V rapportées sur le bâti; MM. Twaites frères et la maison Beer exposaient également un marteau de 500 kilogrammes de masse tombante à double bâti muni de glissières.

Tous ces modèles sont automoteurs et la distribution, qui se fait à l'aide d'un tiroir circulaire équilibré, est manœuvrée automatiquement, soit à l'aide d'un levier actionné par un manneton fixé à la tige du piston (Twaites) ou par une coulisse inclinée pratiquée sur la face arrière du marteau (Bement-Miles), soit à l'aide d'un levier courbe sur lequel agit un galet porté par le marteau (Massey, Beer).

CHAPITRE XII.

PRESSES.

Machines à découper, à poinçonner, à cisailler; machine «Cousin et Alder» pour le découpage des métaux en feuilles; machine «Golding» à fabriquer le métal déployé. — Presses à découper et à emboutir : considérations générales; outillage; amenages automatiques et applications. — Balancier. — Presse monétaire à leviers articulés. — Presses à vis. — Découpoirs et presses hydrauliques. — Machines à river. — Machines à faire par compression les boulons, les écrous et les vis; machine à forger les boulons; machines à forger les écrous; machines à fileter les tire-fond à chaud.

Nous réunirons dans un même chapitre, sous la dénomination de presses, toutes les machines figurant dans la Classe 22, dans lesquelles l'outil agit par pression plus ou moins vive, sans produire toutefois d'effet de choc. Nous passerons ainsi successivement en revue des machines à découper, à poinçonner, à cisailler; des presses à découper et à emboutir; des balanciers, une presse monétaire à leviers articulés, des petites presses à vis, des découpoirs et des presses hydrauliques, des machines à river et des machines à faire par compression les boulons, les écrous et les vis.

MACHINES À DÉCOUPER, À POINÇONNER, À CISAILLER.

Les machines d'usage général à découper, poinçonner, cisailler, ébarber, présentent des dispositions généralement connues. Le bâti a, le plus souvent, une forme en col de cygne, qui donne toute facilité pour la manipulation des pièces; un coulisseau mobile verticalement porte le poinçon ou le couteau proprement dit, alors que la matrice ou le contre-couteau sont fixés sur le bras inférieur de la machine; ce coulisseau reçoit son mouvement par excentrique, directement ou par l'intermédiaire d'une bielle, de l'arbre de la machine dont la commande comporte, dans tous les cas, un volant et, de plus, dans

les modèles puissants, un harnais d'engrenages. Les machines sont munies d'un mécanisme d'embrayage qui parfois agit directement sur l'arbre, et le coulisseau arrivé en haut de sa course se débraye automatiquement sous l'action d'un doigt qui remonte une rampe et vient, au moment voulu, agir sur le mécanisme d'embrayage (Ferracute); il est toutefois préférable, surtout dans les forts modèles, pour éviter les détériorations que peut entraîner le choc produit par la force vive du volant, de mettre le débrayage sur le coulisseau même en interposant un coin entre ce dernier et la face inférieure de l'organe de liaison adapté à la partie excentrique de l'arbre (Huré, Lomont, Le Blanc, Dard). Ce coin s'engage à la main et se dégage ordinairement de même, parfois automatiquement, sous l'action d'un système à contrepoids (Dard).

Un pied de biche fixé au bâti complète la machine et empêche le soulèvement de la tôle.

Quelquefois, la machine est double, et deux coulisseaux, portant l'un un outil à poinçonner, l'autre un outil à cisailler ou, à l'occasion, deux outils de même nature, sont montés soit du même côté (Dard), soit symétriquement de part et d'autre de la commande (Hilles et Jones Company); une machine de M. Vautier porte même trois coulisseaux et permet de poinçonner et cisailler des tôles aux extrémités et de couper des fers au milieu; dans la machine de M. Huré, l'arbre à excentrique est commandé par vis sans fin et le bâti peut tourner de 90 degrés autour de l'axe horizontal de la commande; le poinçon peut ainsi à volonté être horizontal ou vertical, sans qu'on ait à changer la position de la courroie.

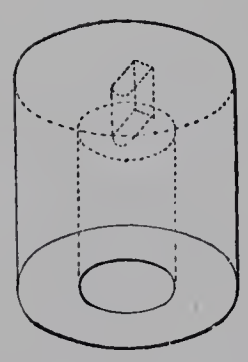


Fig. 194. — Poinçon et matrice (Cousin et Alder).

Machines pour le découpage des métaux en feuilles (Cousin et Alder). — Les machines présentées par MM. Cousin et Alder sont destinées au découpage des métaux en feuilles et des tôles jusqu'à 25 millimètres d'épaisseur; elles peuvent remplacer le travail à la scie et permettent d'opérer en partant soit du bord de la tôle, soit du milieu, après poinçonnage ou perçage préalable d'un trou pour le passage de l'outil.

L'outil employé est un poinçon de largeur relativement faible (2 mm. 5 pour le découpage de la tôle de 2 millimètres) dont l'arête travaille successivement tout le long du contour à découper; il présente en section à l'avant une forme rectangulaire, terminée à l'arrière par un arrondi demi-circulaire, et il se prolonge par une tige cylindrique légèrement abattue à l'entrée, qui reste continuellement engagée dans la matrice; il est donc parfaitement maintenu de part et d'autre de la tôle. Il peut être dégagé facilement pour passer d'un centre de découpage à un autre; à cet effet, la queue, qui présente une forme carrée, est serrée dans deux demi-coussinets et s'appuie à sa partie supérieure sur une portière qui, une fois ouverte et

les coussinets légèrement desserrés, permet de dégager l'outil de la matrice et de la tôle. Enfin il peut s'orienter, grâce à la forme rectangulaire de la queue, dans quatre directions différentes de façon à pouvoir découper en poussant ou en tirant la tôle à soi, ou en la poussant à droite ou à gauche suivant les difficultés d'orientation.

La machine présente la forme générale d'une petite poinçonneuse avec un fort coude en col de cygne pour le passage des grandes largeurs de tôle; dans les plus petits modèles, le mouvement de va-et-vient de l'outil a lieu par coulisseau et excentrique; dans les plus forts modèles, une bielle montée sur l'excentrique conduit le coulisseau; un pied de biche maintient la tôle constamment appuyée sur la matrice de guidage de l'outil.

Machine « Golding » à fabriquer le métal déployé. — Comme machine spéciale, nous citerons la machine « Golding » à fabriquer le métal déployé, dont l'invention,

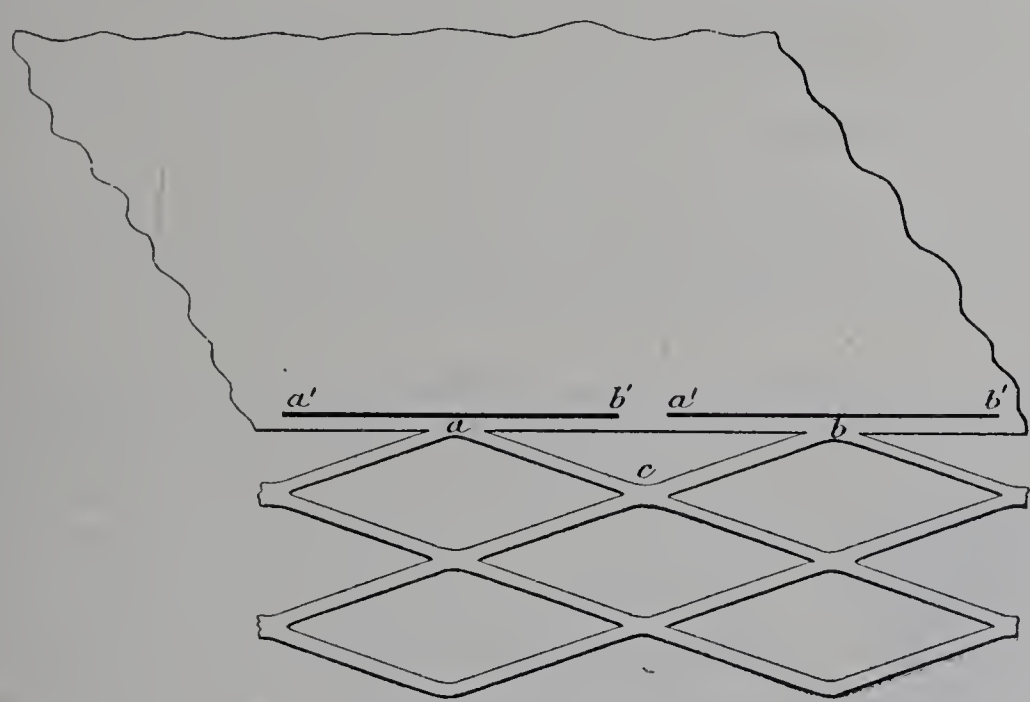


Fig. 195.

d'origine américaine, date de 1896; le spécimen qui était exposé a été construit par les usines Bouhey et était présenté par la Compagnie française du métal déployé.

Le but est de transformer une tôle en un treillis uniforme, régulier, sans nœuds ni

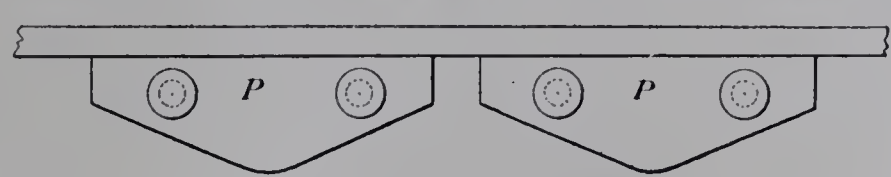


Fig. 196.

soudures et sans perte de matière. Le procédé consiste à enfoncer, dans le bord d'une feuille de tôle disposée horizontalement, suivant les traits *a b* (fig. 195), une série de couteaux coupeurs et dilateurs P (fig. 196), qui entaillent la tôle et refoulent les entailles dans un plan vertical suivant les triangles *a b c*, puis on avance la tôle de l'épaisseur de la

lanière, on la déplace latéralement de la demi-base des triangles et on donne un second coup des couteaux dans la position indiquée par les traits *a' b'*, ce qui a pour effet de transformer les triangles *a b c* en losanges et ainsi de suite.

La machine comprend essentiellement :

1° Une table-support qui se déplace alternativement à droite et à gauche avec la tôle à découper ;

2° Un couteau fixe, à arête ou tranchant rectiligne, vissé à l'arrière de la machine sur le rebord de la table-support ;

3° Un attelage mobile de couteaux P dont chacune des dents représente les dimensions internes d'une demi-maille du treillis et qui est animé d'un mouvement rectiligne de montée et de descente ;

4° Un volet ou tablier, à l'arrière, qui fait un angle de 10 degrés avec le couteau vertical et sur lequel se développe au fur et à mesure le treillis étiré et chassé par la poussée des couteaux mobiles. Ce volet est, en outre, animé d'un mouvement oscillatoire qui provoque périodiquement l'avancement de la feuille de tôle dans le sens horizontal ;

5° Une barre de pression et une barre à crampons qui limitent l'avancement de la tôle et maintiennent celle-ci immobile sur son support pendant tout le temps du travail des couteaux.

Les diverses opérations que la machine effectue peuvent être décomposées en cycles de six temps ou périodes de mouvement, savoir :

1° L'attelage des couteaux supérieurs arrive au contact de la tôle sur toute la longueur de la bande à découper ; en même temps qu'il cisaille chacune des lanières séparées, il les repousse verticalement le long du couteau inférieur fixe et les étire en triangles qui épousent rigoureusement le profil vertical des couteaux dentelés ;

2° L'attelage se dégage, remonte et vient reprendre sa position primitive ;

3° Par un double mouvement latéral, la table qui porte la tôle se déplace d'une quantité égale à la moitié de la base des triangles, tandis que la tôle s'avance horizontalement d'une largeur de lanière ;

4° Les couteaux redescendent et attaquent la seconde bande sur un alignement de fentes disposées en quinconce par rapport à celles de la première. Il y a de nouveau cisaillement entre les deux couteaux supérieur et inférieur et étirage du métal en demi-losanges, qui complètent les premiers en achevant de former des mailles complètes ;

5° L'attelage se dégage et remonte ;

6° La table-support ramène à sa position primitive la feuille de tôle et celle-ci s'avance dans le sens horizontal d'une nouvelle largeur de lanière.

Avec cette troisième bande commence un second cycle de six temps identique au précédent.

On arrive ainsi à treillager des tôles de 0 mm. 5 à 6 millimètres d'épaisseur et de

2 mm. 50 de largeur, qui s'allongent de deux à douze fois suivant la dimension des triangles ; le débit varie également suivant les dimensions des mailles ; pour un treillis de 75 millimètres, la machine bat 40 coups à la minute et le débit par heure est de 98 mètres de longueur et 470 mètres superficiels.

Le métal déployé trouve des applications dans presque tous les cas où l'on doit faire usage de treillages en fil de fer, tôles perforées, grilles, etc. De plus, la machine Golding travaille aussi bien le fer et l'acier que le cuivre, le laiton, l'aluminium, et, en général, tous les métaux ductiles ; on l'utilise pour fabriquer un grand nombre d'objets mobiliers. Enfin une des plus importantes applications du métal déployé est son emploi dans la construction de dallages, planchers, plafonds et cloisons.

L'Exposition a d'ailleurs employé plus de 447,000 mètres carrés de ce produit, soit comme clôture, soit comme armature pour travaux en béton, ciment et plâtre.

PRESSES À DÉCOUPER ET À EMBOUTIR.

Considérations générales. — On passe des presses à découper aux presses à découper et à emboutir en disposant l'outil sur un coude très court du bâti, ou entre des montants symétriques, de façon à éviter les porte-à-faux, et en ajoutant un dispositif permettant de régler exactement le point le plus bas de la course et quelquefois même son amplitude.

Pour éviter les plis de matière pendant l'emboutissage, il est indispensable que le flan soit pressé sur la matrice; lorsqu'il s'agit de la confection d'objets de petites dimensions, le résultat peut être obtenu à l'aide d'outils dits *combinés*, dont il sera parlé plus loin ; on emploie alors des presses qui ne sont disposées que pour une seule opération et ne portent par conséquent qu'un seul poinçon ; toutefois, des presses plus puissantes sont établies pour découper un flan et l'emboutir ensuite au moyen de deux poinçons dont l'un est intérieur à l'autre et qui agissent successivement, le poinçon découpeur appuyant en outre les bords du flan sur la matrice pendant l'emboutissage; d'où deux catégories de presses, les unes à simple action et les autres à double action.

Fig. 197.
Dispositif excentrique «Stiles».

Dans les presses à simple action, le poinçon est fixé à un coulisseau qui est guidé par des coulisses rectangulaires en V ou en queue d'aronde et est actionné dans son mouvement de va-et-vient par bielle et excentrique. Pour permettre le réglage du point le plus bas de la course, la tige de la bielle peut être terminée à sa partie inférieure par une rotule engagée dans le coulisseau et susceptible de rentrer plus ou moins dans la douille filetée de la tête de bielle (Lépine et Grimar, Lapipe et Wittmann, Schuler, Kircheis, Ferracute) ou bien la bielle est formée de deux parties dont les extrémités voisines sont filetées ou tarau-

dées en sens inverse et vissées sur un même manchon (Bliss, Rhodes, Dolizy, Ernault) ou sur une même vis (Leroy). Ces différents procédés de réglage présentent toutefois le défaut de faire porter la pression sur des filets de vis, et c'est pour en atténuer les

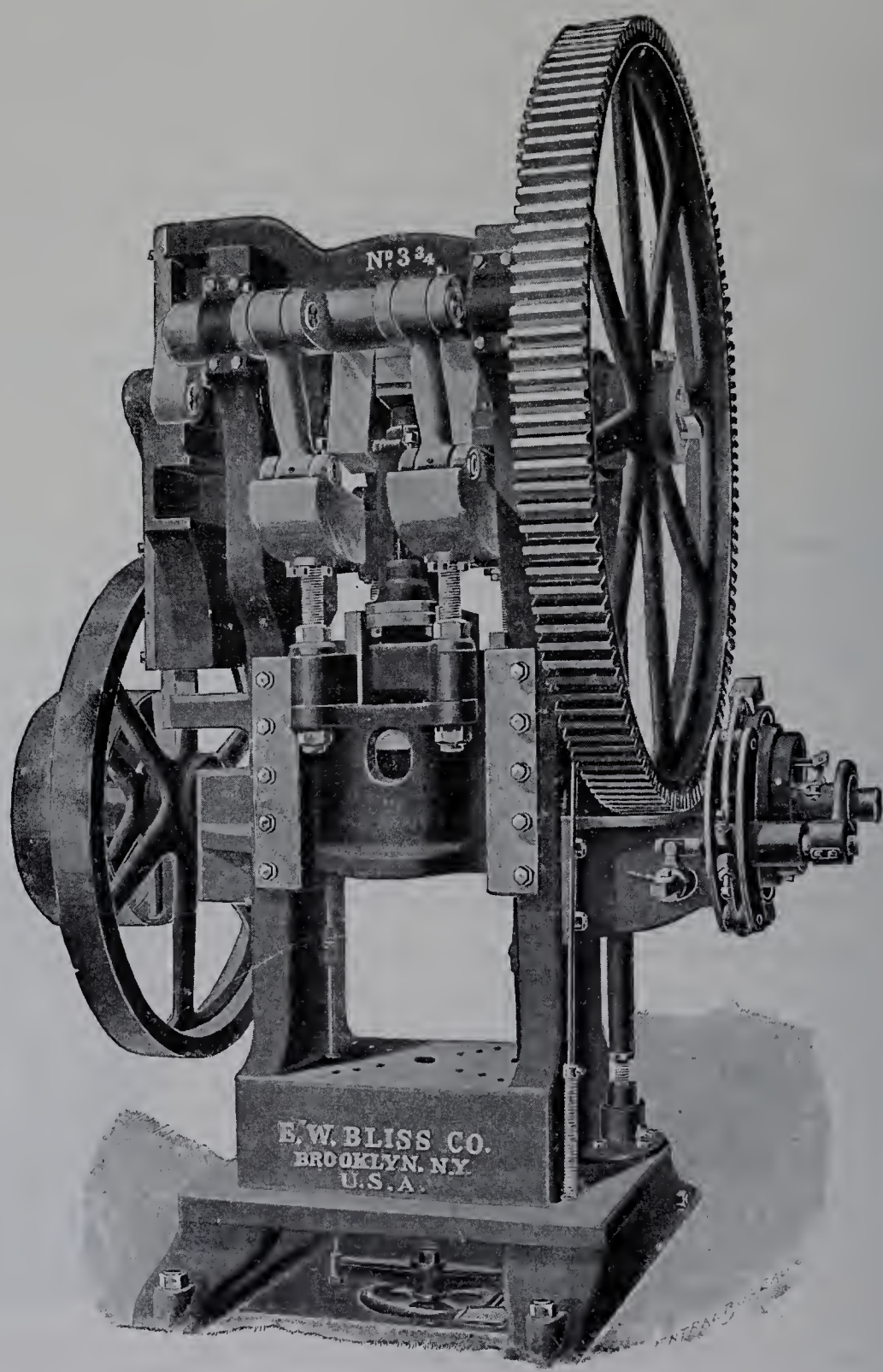


Fig. 198. — Presse à emboutir à genouillères (Bliss).

inconvénients et ne pas faire travailler le filet que M. Dolizy interpose une cale entre les deux tiges filetées. Dans les presses Bliss-Stiles, la bielle est formée d'une seule pièce, et le réglage du point le plus bas de la course est reporté sur la position de la tête supérieure de la bielle, à l'aide d'un manchon excentré qui est interposé entre l'excentrique de l'arbre et la tête de la bielle (fig. 197) et est réuni après réglage à la

tête par le serrage des oreilles dont celle-ci est munie; une graduation portée par le manchon permet de repérer l'orientation qui convient à chaque outil et d'éviter les pertes de temps au moment du montage. Le même dispositif se retrouve dans la presse à emboutir de M. Schuler et dans la presse à excentrique de MM. Scherb. M. Pinchart-Deny fait, de plus, varier la course même de l'outil, en montant également sur le tourillon excentré de l'arbre de la machine un coussinet excentré qui peut prendre diverses positions et donner une valeur variable au rayon de la course.

Dans les presses à double action, un coulisseau analogue au précédent porte le poinçon extérieur, et le poinçon intérieur est adapté à un coulisseau logé dans le premier; le coulisseau intérieur est actionné par excentrique et bielle de longueur variable, l'extérieur généralement par deux cames égales disposées sur l'arbre de part et d'autre de l'excentrique et appuyant sur des galets portés par le coulisseau, en même temps que le contact est assuré par des ressorts attachés à des points fixes du bâti; pendant le travail de poinçon intérieur, les cames agissent sur les galets par des arcs concentriques à l'arbre, de façon à maintenir fixe le serre-flan (Deny, Dolizy, Rhodes, Kircheis, Ferracute).

On peut faire aux presses à cames les reproches suivants : la pression nécessaire pour obtenir un serrage convenable du flan est considérable; elle s'exerce sur les faces des cames et des galets et sur leurs tourillons et expose ces pièces à des déformations rapides qui peuvent entraîner des variations dans la pression; de plus, pendant l'action du coulisseau porte-poinçon, l'augmentation de l'effort sur l'arbre tend à le fausser légèrement, d'où une réduction dans la pression au moment où il est important qu'elle ait tout son effet. M. Bliss, reprenant alors les idées de Stiles, se propose, dans ses presses à leviers brisés (fig. 198 et 199), d'obtenir un appareil presse-tôle où l'usure qui peut intervenir n'ait aucune influence sur son fonctionnement. Les bras supérieurs des leviers brisés oscillent sur de larges tourillons fixés sur le bâti principal de la presse et les bras inférieurs s'appuient sur le coulisseau de serrage ou serre-flan. Pendant la première période de la descente, l'arbre à excentrique, par l'intermédiaire d'une coulisse, tend à redresser les bras et à les mettre en ligne; quand les trois centres d'oscillation des leviers sont arrivés sur une même ligne verticale, le coulisseau de serrage n'est plus susceptible de prendre aucun mouvement, et cette stabilité se maintient pendant tout le temps que s'opère l'emboutissage proprement dit; l'effort dû à la pression appliquée sur le flan se transmet par l'intermédiaire des leviers mis en ligne au bâti de la machine et débarrasse l'arbre principal de tout frottement et de toute usure résultant du presse-tôle.

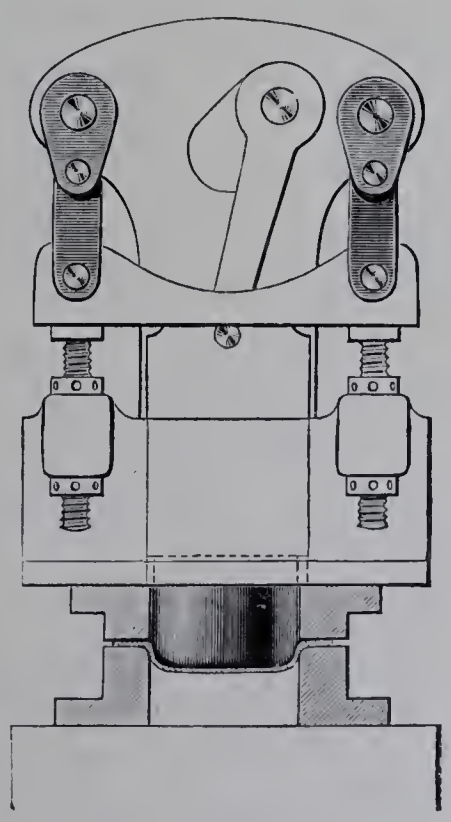


Fig. 199. — Genouillères en ligne pendant l'emboutissage.

M. Bliss a ajouté récemment à ses presses à genouillères un dispositif, système Liais, qui a pour but d'obtenir des emboutis plus nets en moins de passes. Nous savons en effet que, pour éviter les plis, on ne doit laisser entre les surfaces annulaires de la matrice et du presse-flan que l'épaisseur du flan à emboutir; mais à mesure que le poinçon descend, le flan est entraîné vers le centre et il en résulte une tendance à une augmentation d'épaisseur proportionnelle à la réduction progressive de la surface. Le coincement considérable réagit fortement sur l'arête où le métal passe à 90 degrés relativement à la direction des surfaces et limite la hauteur d'emboutissage que l'on peut obtenir, sans risquer de crever le métal. Le dispositif Liais donne au presse-flan, dès qu'il est arrivé en bas de sa course, un léger mouvement de retour (fig. 200) pour tenir

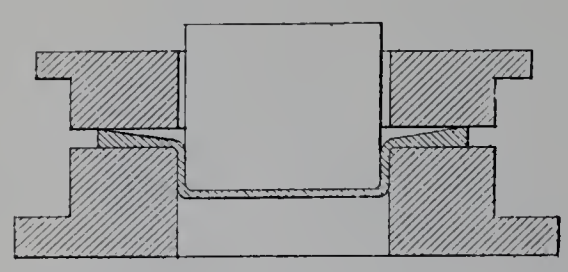


Fig. 200.

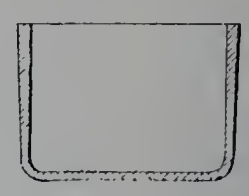


Fig. 201.

compte de l'augmentation d'épaisseur qui se produit à mesure que le poinçon descend; de cette façon, le coincement exagéré entre les surfaces et l'étirage violent sur l'arête sont évités, sans que le flan soit jamais lâché suffisamment pour permettre aux plis de se former. De plus, pour éviter que la pièce emboutie n'ait une épaisseur de paroi croissante du fond au bord (fig. 201), on dispose la matrice et le poinçon de façon à étirer les parois et à les ramener à l'épaisseur voulue.

Des presses peuvent être disposées pour agir à triple action, et successivement découper, emboutir et estamper; dans ce cas, la troisième opération se fait en dessous, sous l'action d'une troisième came montée sur l'arbre principal de la machine, et transmettent, par bielle et manivelle, un mouvement de va-et-vient à l'outil d'estampage (Rhodes).

L'embrayage des presses a généralement lieu par liaison de l'arbre à excentrique à l'arbre du volant qui tourne sans cesse; il se produit sous l'action d'une pédale qui rend libre un verrou de liaison; ensuite, lorsqu'on cesse d'appuyer sur la pédale, un taquet fait rentrer le verrou dans son logement et le coulisseau s'arrête au point le plus haut de sa course. Dans les machines Bliss, Schuler, Rhodes, l'entraînement se fait près du centre du moyeu à l'aide d'un verrou d'embrayage qui agit sur toute la longueur de la douille sur laquelle est monté le volant; ce verrou, qui a la forme d'une tige cylindrique, peut être couché dans une rainure de l'arbre à excentrique ou réunir à mi-chair l'arbre et la douille du volant; il passe d'une position à l'autre par simple rotation provoquée par le mouvement de la pédale.

En général, un dispositif attaché au bâti, ou vissé sur le plancher, permet de fixer la pédale dans sa position abaissée pour la marche continue.

Pour l'exécution de certains travaux, il peut être indispensable d'empêcher qu'un second coup de poinçon se produise inopinément, même lorsque l'ouvrier appuye sur la pédale; dans ce cas, M. Bliss emploie un mécanisme spécial qui arrête le coulisseau après chaque coup; la tringle de manœuvre est formée de deux parties qu'un ressort tend à rapprocher et qui sont maintenues à l'écartement convenable par la griffe d'une espèce de cliquet; un bouton, en saillie sur l'arbre, vient après un tour agir sur le cliquet et dégager la griffe; le débrayage se produit et se maintient par suite du raccourcissement de la longueur de la tringle; il faut alors abandonner la pédale pour que la partie inférieure en s'abaissant vienne ressaisir la griffe, pendant que la partie supérieure ne bouge pas.

Enfin, dans les presses puissantes, on fait usage d'un embrayage automatique à friction, de façon à éviter les inconvénients des embrayages positifs, quand il s'agit de donner une impulsion subite à des pièces de poids considérable (Bliss, Ferracute).

La disposition verticale, pour les presses, convient bien pour les découpages et les perçages, alors qu'une disposition inclinée permet aux pièces estampées de tomber par leur propre poids et augmente la vitesse de production; aussi les constructeurs rendent souvent inclinable à volonté l'ensemble de la table et du support du coulisseau, autour d'un axe qui se trouve à hauteur moyenne de la table (Bliss), ou autour de l'axe de l'arbre, ce qui n'entraîne aucun changement dans la position de la courroie (Kircheis). Certains modèles portent à demeure leur inclinaison et se rapprochent soit de la disposition verticale, soit de la disposition horizontale (Leroy).

Outillage. — L'outillage pour découper et emboutir en même temps, sur des presses à double action, comprend généralement une matrice A, un poinçon extérieur B, qui

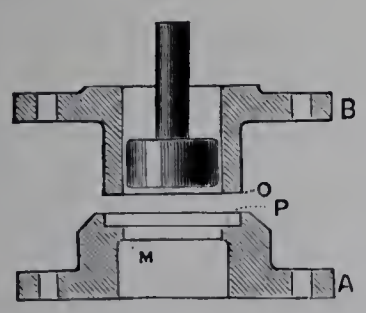


Fig. 202.

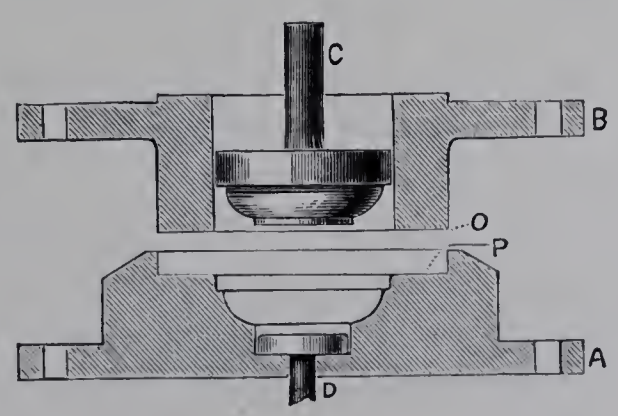


Fig. 203.

sert à découper et à serrer le flan et est fixé au coulisseau extérieur, et un poinçon d'emboutissage C, fixé au coulisseau intérieur. Dans le cas d'objets cylindriques ou prismatiques (fig. 202), la pièce, qui tend à rester collée au poinçon, est passée à travers la matrice en se détachant contre le coin M, ou bien, s'il s'agit de métaux mous, de faible épaisseur, un dévêtisseur, qui agit à l'intérieur du poinçon, pousse la pièce et la fait tomber; pour les pièces à fond estampé (fig. 203) qui tendent à rester dans la matrice, l'éjecteur D actionné par la presse même fait sortir la pièce une fois estampée.

Lorsqu'on emploie à la confection des menus objets, tels qu'ustensiles de ménage, bidons, etc., des presses à simple action, ne comportant pas de serre-flan, on fait usage de ce qu'on appelle des *outils combinés*, dont certains éléments, au fur et à mesure de l'emboutissage, cèdent et remontent en comprimant un cylindre en caoutchouc ou un ressort, qui, à la fin du travail, agit comme éjecteur. Voici à titre de spécimen (fig. 204) un outil combiné qui est employé par MM. Lapipe et Wittmann pour découper, emboutir et ajourer d'un seul coup.

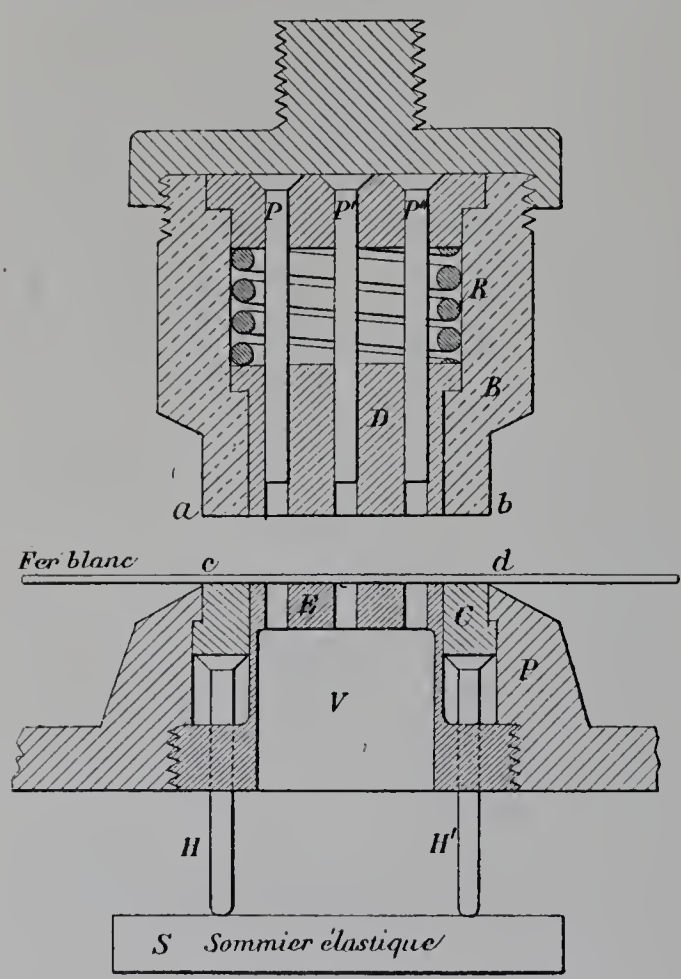


Fig. 204.

On présente la feuille de fer-blanc entre le poinçon et la plaque. La ligne *a b* coupe le flan sur *c d*, le flan se trouve donc pris entre le dévêtisseur D et le poinçon emboutisseur E. La boîte B relève le bord du flan sur E en refoulant D à l'intérieur du dessus et C à l'intérieur du dessous. Pendant cette opération, le flan est serré entre la boîte B et la bague C, qui, reposant sur un sommier élastique S par l'intermédiaire des colonnes H H' H'', s'enfonce au fur et à mesure de l'emboutissage dans la plaque P, en évitant ainsi le plissage des bords. Les poinçons P P' P'' percent la pièce sur E qui sert de plaque et la machine remonte. La pièce se trouve expulsée de B par D, qui est repoussé par le ressort à boudin R, et de E par la bague C, qui est repoussée par le sommier élastique S par l'intermédiaire des colonnes H H' H'', etc... Les déchets des ajours passent par le vide V ménagé dans la pièce E.

Dans la perforation des tôles, il est avantageux de serrer la feuille par une contre-plaque qui la maintient en place et l'empêche de gondoler, en même temps qu'elle guide le poinçon; mais si la contre-plaque est fixe, comme il arrive le plus souvent, elle rend invisible à l'ouvrier la surface des matrices; de plus, comme il faut toujours laisser une certaine liberté pour le passage de la bande, la tôle conserve un certain jeu entre le dessus des matrices et la contre-plaque, d'où une tendance au choc, au moment où les poinçons se dégagent.

M. Bliss évite ces inconvénients en faisant usage d'une contre-plaque mobile qui, actionnée par des cames montées sur l'arbre de la presse, maintient la feuille en place tout le temps que les poinçons continuent à descendre et ne remonte que lorsqu'ils sont complètement dégagés.

Amenages automatiques et applications. — Les presses qui étaient exposées et

dont nous venons de passer en revue les principales dispositions étaient de puissance variable, depuis la plus faible jusqu'à celle qui permet de découper à chaud des disques de 6 millimètres d'épaisseur et 1 mètre de diamètre et emboutir 50 millimètres de profondeur (Ferracute). Les modèles moyens et petits conviennent bien à la fabrication en série des objets qu'on obtient par découpage, perforation et estampage et sont, à cet effet, souvent munis d'amenages automatiques.

Lorsqu'il s'agit de perforer des bandes de tôle, l'avancement a lieu par rouleaux d'amenage, dont le mouvement est généralement déterminé par rochet ou par came (Pinchart-Deny) et cliquet commandé par l'excentrique de la bielle.

Pour assurer une relation très exacte entre les bords et les trous d'une pièce qu'on coupe et perce sur la même machine, au moyen d'outillages doubles, l'un découpant l'intérieur d'une pièce et l'autre l'extérieur de la suivante, les rouleaux supérieurs sont disposés de façon à se soulever automatiquement chaque fois que les tétons fixés sous le poinçon de l'extérieur sont sur le point d'entrer dans les trous déjà percés; tout écart qui pourrait survenir dans l'amenage de la bande se trouve ainsi corrigé. C'est la disposition qu'on rencontre, par exemple, dans le découpage et le perçage des maillons de chaînes de bicyclettes (Bliss).

Quand on veut estamper ou timbrer rapidement de petits objets, la matrice peut être attachée sur un coulisseau horizontal actionné par une came montée sur l'arbre à excentrique. Ce coulisseau s'arrête aussitôt que la matrice arrive vis-à-vis du poinçon et reste dans cette position pendant le travail; après quoi il revient vers l'ouvrier qui enlève la pièce estampée pour en mettre une autre, sans risquer de se faire prendre les doigts entre le poinçon et la matrice.

Dans la fabrication en série des pièces par estampage, l'amenage a généralement lieu par plateau-revolver, actionné par un cliquet, et l'ouvrier n'a qu'à remplir les ouvertures qui passent devant lui. Au moment de la descente du coulisseau porte-poinçon, le plateau-revolver s'arrête présentant une des pièces qu'il contient à l'action des outils qui l'emboutissent, l'estampent, la rognent, la percent ou la défoncent, suivant le cas. Aussitôt le travail fait, le coulisseau remonte et un éjecteur, actionné par une came, fait sortir la pièce hors de son logement dans la matrice. Pour éviter les accidents qui se produiraient si le plateau-revolver n'avait pas pris sa position exacte au moment où les poinçons sont prêts à entrer dans les trous, un doigt arrête généralement le plateau et le maintient en place. Pour plus de sûreté, M. Bliss dispose sur ses presses à table-revolver, un appareil qui déclenche automatiquement l'arbre de la presse avant que le poinçon puisse porter sur le plateau; à cet effet, une goupille disposée sur le côté du coulisseau est reliée par des leviers à sonnette et des tiges à l'embrayage; si, au moment de la descente du coulisseau, la goupille n'entre pas librement dans un des trous du plateau correspondant à la position correcte, elle remonte et renvoie son mouvement à l'embrayage, de façon à arrêter le coup.

Les presses peuvent être organisées pour exécuter simultanément plusieurs passes sur une série de pièces qu'un amenage automatique présente successivement sous chaque

poinçon. Une machine exposée par M. Bliss était disposée pour la fabrication des becs à pétrole en cinq opérations; la pièce, après avoir subi un premier emboutissage sur une machine indépendante, est montée sur un disque tournant qui l'amène au premier outil et de là aux suivants, à l'aide d'un système d'amenage animé d'un mouvement de va-et-vient.

Une machine de M. Leroy, à douze outils, est disposée pour la fabrication des *capsules d'étain pour le bouchage des bouteilles,* et transforme une bande de 80 millimètres de largeur en emboutis de 32 millimètres de diamètre sur 45 millimètres de hauteur. Sur un

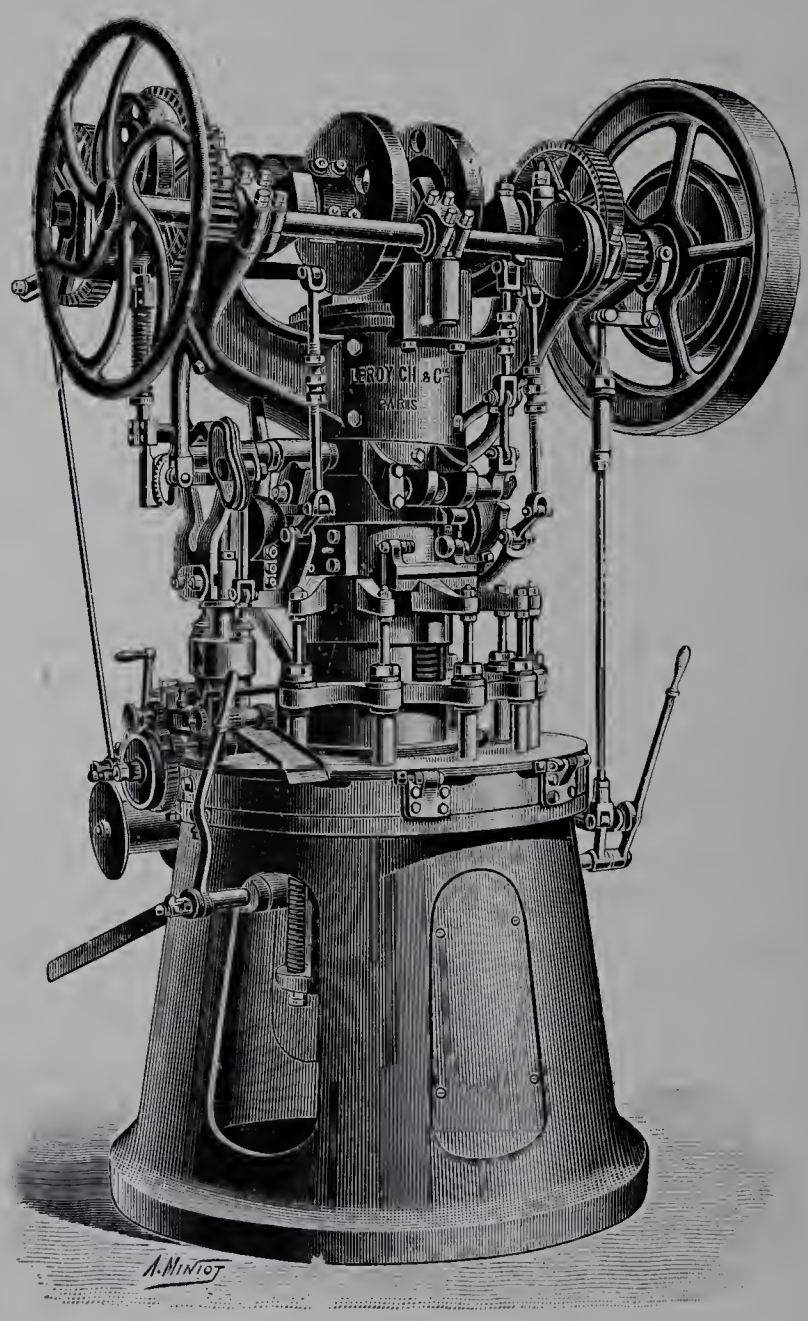


Fig. 205. — Machine à fabriquer les capsules d'étain (Leroy).

bâti circulaire sont montés un plateau fixe contenant les matrices à emboutir munies de contre-poinçons mobiles et une colonne centrale servant de guide au porte-poinçons et de support à la commande; le porte-poinçons sert lui-même de guide au porte-dévêtisseurs, en sorte que la colonne, le porte-poinçons et le porte-dévêtisseurs ont entre eux un mouvement télescopique; les poinçons sont percés de part en part et traversés par les

dévêtisseurs; la machine est complétée par un amenage à rouleaux et un transporteur avec mouvement circulaire alternatif sur le plateau fixe. Les différents mouvements de la machine assurent le découpage et le premier emboutissage du flan, le transport de chaque capsule à la passe suivante avec mouvement de retour du transporteur, l'emboutissage de toutes les capsules en même temps, sauf la première opération dont le mouvement est distinct, le mouvement d'ascension des contre-poinçons, pour accompagner les capsules jusqu'à leur sortie des matrices, et le dévêtissage simultané de toutes les capsules.

M. Bliss, dans le but d'éviter un aussi grand nombre de passes, nécessitées d'ailleurs par la faible épaisseur du métal, et l'emploi d'une machine compliquée, entraînant un réglage forcément délicat, effectue le travail par une série d'opérations sur des machines différentes; mais au lieu d'opérer sur une feuille de métal, il agit sur huit à douze épaisseurs à la fois et peut réduire à trois le nombre des passes : 1° découper et emboutir; 2° emboutir une deuxième fois; 3° emboutir conique; il ne reste plus qu'à séparer les pièces, les rogner et les polir sur un tour spécial.

Les presses sont utilisées dans le *découpage des tôles d'induit;* les disques et les segments peuvent être découpés d'un seul coup avec leurs dents, leurs trous ou leurs encoches sur une presse puissante à l'aide d'un outil présentant la forme complète de la pièce (Pinchart-Deny, Bliss); le procédé est économique, mais l'outillage est coûteux et délicat, et on ne doit y recourir que lorsqu'on a un grand nombre de pièces semblables à confectionner; dans le cas contraire, le travail s'effectue par une série d'opérations. Le découpage des encoches se fait alors individuellement et la division est opérée automatiquement soit à l'aide d'un plateau diviseur (Scherb, Kircheis), soit à l'aide d'un harnais d'engrenages, dans lequel il suffit de changer une seule roue dentée pour changer le nombre des divisions (Bliss).

Comme exemples de fabrications s'exécutant par une série de passes successives sur plusieurs machines, nous citerons la fabrication des bidons de luciline sur les presses Bliss et la fabrication des boîtes d'allumettes (procédé Carbone) sur les presses Kircheis.

Dans la *fabrication des bidons de luciline,* la série des opérations comporte :

1° Le découpage et l'emboutissage des fonds, à l'aide d'un outil combiné;

2° Le pliage du corps. — La feuille découpée aux dimensions voulues est posée sur la table inclinée de la machine et glisse jusqu'à ce qu'elle soit arrêtée dans la position

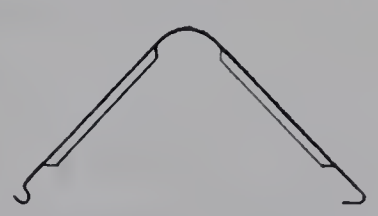


Fig. 206. — 2e opération.

d'estampage par des doigts automatiquement actionnés. L'estampage des panneaux et la préparation des agrafes se fait du même coup; après quoi, le doigt lâche la pièce qui tombe dans l'appareil à plier situé à l'arrière de la machine. 14,000 pièces peuvent ainsi être préparées dans une journée;

IMPRIMERIE NATIONALE.

3° Agrafer le corps. — La presse est munie d'une bigorne qui reçoit l'objet à agrafer et coulisse dans le sens vertical, de sorte que la pression exercée par le poinçon sur le coin supérieur se transmet en même temps sur le coin inférieur.

La mise en place des fonds est ensuite exécutée sur une machine à sertir, au moyen de mâchoires venant faire simultanément serrage.

Les boîtes métalliques imaginées par M. Carbone sont en elles-mêmes d'une simplicité remarquable, elles ne comprennent que deux pièces sans trou, le corps même de la boîte et le couvercle, dont l'assemblage forme à la fois ressort et charnière.

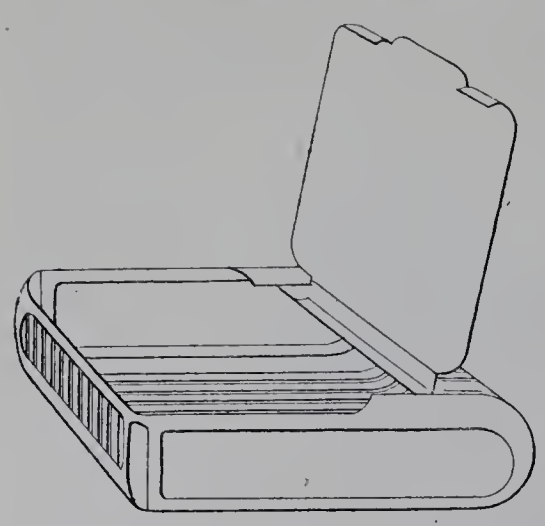


Fig. 207.

Deux machines servent l'une à découper les fonds des boîtes, l'autre les couvercles; l'ouvrier n'a d'autre rôle que de mettre une bande de fer-blanc dans la machine; une troisième machine emboutit les couvercles et y imprime toutes les inscriptions qu'on désire; enfin une quatrième machine complète la fabrication de la boîte : sur l'un des côtés on empile les fonds découpés par la première machine, sur l'autre côté les couvercles sortant de la troisième machine, et, par une simple mise en marche, les fonds sont emboutis et adaptés aux couvercles.

Le jeu de machines nécessaires à la fabrication d'une boîte comprend quatre machines; avec une machine des trois premiers numéros et deux du numéro quatre, on arrive à une production de 80,000 boîtes par jour.

BALANCIERS.

Les balanciers sont depuis longtemps connus; après avoir été employés à la frappe des monnaies, ils se sont répandus il y a une centaine d'années dans les diverses branches de fabrication pour le découpage et le perçage des tôles, puis pour l'emboutissage et l'estampage d'une foule de petites pièces métalliques. Toutefois, pendant longtemps, ils ne furent mus qu'à bras d'homme, et, sans parler ici des dispositions ingénieuses, bien que compliquées, adoptées par Boulton et Watt, vers 1788, pour remplacer les hommes par l'action de la vapeur, nous pouvons dire que ce n'est que vers 1860 qu'une solution simple fut imaginée par M. Cheret, en munissant la vis d'un volant horizontal, faisant office de balancier, auquel deux plateaux verticaux de friction, montés sur un même arbre perpendiculaire à la vis, donnent un mouvement alternatif tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre pour faire monter ou descendre le coulisseau.

Le balancier agit donc comme les presses dont il a été précédemment question, avec cette différence que le mouvement du coulisseau, au lieu d'être assuré par un excentrique, est donné par la rotation de la vis dans son écrou; il se prête aux mêmes travaux,

mais il ne permet pas, avec une égale facilité, de répéter les opérations dans le travail des pièces en série; de plus, son action s'éteignant en même temps que la force vive qui est accumulée sur la vis, il n'offre pas les mêmes dangers de rupture, quand la résistance qui lui est opposée est supérieure à celle de ses organes; par contre, les pertes de force par frottement y sont considérables.

Les modèles exposés, avec mouvement à bras ou au moteur, ne diffèrent pas sensiblement des types depuis longtemps connus. M. Kircheis munit sa machine d'un mécanisme de serrage automatique du flan par leviers articulés et d'un expulseur automatique; M. Pinchart-Deny rend le mouvement de va-et-vient automatique à l'aide de butées montées sur la tringle de renversement de marche.

PRESSE MONÉTAIRE A LEVIERS ARTICULÉS.

Les difficultés qu'on éprouva au début à appliquer la force mécanique au balancier monétaire, d'autre part, la brusquerie du choc qui amène souvent la rupture des coins, des poinçons et des matrices, ont fait bientôt rechercher un mode de production de la pression autrement que par vis. M. Heinrich Uhlhorn, de Grevenbroich, près Aix-la-Chapelle, paraît être le premier qui ait employé, vers 1827, l'appareil à genou ou leviers articulés pour produire la pression dans ses presses monétaires; le principe fut appliqué avec succès à la Monnaie de Paris par M. Thonnelier, en 1834, et dans la plupart des ateliers monétaires et conservé jusqu'à nos jours; nous le retrouvons dans la machine à frapper la monnaie, exposée par M. Schuler, avec des dispositions de détail quelque peu différentes. Toutes les opérations se font automatiquement; le distributeur enlève du gobelet d'approvisionnement, à chaque descente du poinçon, un flan, l'amène à la bague d'estampage et éloigne en même temps du poinçon inférieur la pièce de monnaie frappée précédemment, en la dirigeant dans un conduit incliné et de là dans un réservoir. Dans la machine en question, le poinçon inférieur ne se meut pas en hauteur, c'est la table qui effectue automatiquement à chaque opération un mouvement de montée ou de descente d'une quantité telle que le distributeur puisse, à la montée, faire tomber le flan dans la bague d'estampage et, à la descente, chasser du poinçon inférieur la monnaie frappée. Le poinçon inférieur reçoit de la bielle de commande, par l'intermédiaire d'un levier, un mouvement latéral presque imperceptible qui, d'après le constructeur, facilite le travail de la frappe et détache en même temps les deux poinçons; cette disposition se trouvait déjà dans des presses construites par M. Uhlhorn, mais ne fut pas adoptée par M. Thonnelier; nous rappellerons d'ailleurs à ce sujet que la tendance à la rotation que produisait la vis du balancier était considérée par certains comme avantageuse au monnayage, mais par le plus grand nombre comme lui étant nuisible.

PRESSES À VIS.

La Barnes Company construit de petites presses à vis pour l'emmanchement des arbres ou mandrins dans les manchons et dans les moyeux de poulies, d'engrenages, etc., ou pour le redressage des arbres. Sur le socle de la machine sont fixées deux vis verticales, sur lesquelles coulisse une traverse maintenue par deux demi-écrous; ces écrous peuvent être débrayés pour permettre le réglage de la traverse en hauteur. Cette traverse, qui est équilibrée par deux contre-poids, porte en son milieu la vis de pression qui est munie à son extrémité d'une roue à rochet sur laquelle on agit au moyen de leviers. Après que la pièce a été placée sur le socle, la traverse est descendue jusqu'à ce que l'extrémité de la vis de pression vienne toucher le mandrin; en quelques tours de vis la pression nécessaire est exercée.

DÉCOUPOIRS ET PRESSES HYDRAULIQUES.

Les seules machines de cette catégorie qui figuraient dans la Classe 22, comprenaient un découpoir hydraulique et une presse à vapeur de 1,200 tonnes, exposés l'un et l'autre par MM. Breuer, Schumacher et Cie.

Le *découpoir* a été construit sur les plans de M. Adolphe Klostermann; il permet de couper des fers profilés à la main et d'obtenir des sections aussi droites que possible. La forme spéciale des lames, combinée avec l'étau destiné à maintenir le fer, constitue une des particularités de la machine. La lame supérieure a la forme indiquée par le croquis ci-contre et reste la même, quel que soit le profil à couper; les deux lames inférieures, au contraire, portent la forme de la moitié du profil et servent de support à la poutre à couper, en même temps que deux lames latérales, manœuvrées par vis et volant, la serrent

Fig. 208.

comme dans un étau. La lame supérieure poinçonne le fer dans la patte et le sectionne ensuite en poinçonnant toujours entre les deux lames inférieures.

La machine se compose essentiellement de deux sommiers en acier coulé, reliés entre eux par quatre colonnes en acier forgé : le sommier supérieur porte la lame fixe et le sommier inférieur contient le cylindre hydraulique qui, alimenté par une pompe à pression d'eau montée à côté de la machine, porte une forte traverse sur laquelle est fixé le système des lames mobiles et de l'étau. La pompe est actionnée par levier à main ou par courroie; elle possède deux pistons de diamètre différent. Le grand piston est employé pour lever vite la traverse avec les lames mobiles, jusqu'à ce que le fer atteigne la lame fixe; l'autre piston est alors mis en action, élève la pression jusqu'à 120 ou 130 kilogrammes par centimètre carré et effectue le coupage. Ensuite on ouvre un

robinet qui laisse écouler dans le réservoir de la pompe l'eau du cylindre hydraulique et fait descendre la traverse mobile pour une nouvelle coupe.

La machine peut être montée sur un chariot et transportée sur le chantier même où on doit l'employer.

La *presse hydraulique,* qui date de l'année 1889, présente des dispositions relativement simples. Elle est actionnée directement par la vapeur et comprend la presse proprement dite et le compresseur. La presse proprement dite comporte un bâti surmonté de quatre colonnes verticales, le long desquelles se meut la traverse porte-outil; cette traverse est solidaire du piston de presse, dont le cylindre est solidaire d'une traverse supérieure fixe.

Pour régler en hauteur la position de l'outil par rapport à la pièce, deux pistons à vapeur sont reliés à la traverse mobile par leur tige et se meuvent dans des cylindres dont chaque chambre inférieure est en communication avec le réservoir de vapeur pour produire l'élévation, ou avec l'atmosphère pour permettre la descente au plus près de la pièce. Pendant l'opération du réglage en hauteur de l'outil, le cylindre de presse et le cylindre du compresseur sont en communication avec un réservoir d'eau en charge, destiné à fournir de l'eau pour faire le plein à la descente, ou recevant l'eau du trop plein lorsque l'outil s'élève. Dès que la position de l'outil est réglée, la soupape de communication avec le réservoir est fermée et la pression est donnée en introduisant de la vapeur sous le piston de manœuvre, dont la tige refoule l'eau du compresseur par un tuyau dans le pot de presse. Ensuite, par l'échappement de la vapeur au-dessous du piston de manœuvre du compresseur et l'admision de la vapeur sous les pistons releveurs, on produit l'ascension rapide de l'outil.

MACHINES À RIVER.

Les machines à river ont généralement remplacé le rivetage à la main; elles peuvent se classer en riveuses par percussion et riveuses par pression continue; ces dernières, qui permettent de maintenir la pression sur le rivet jusqu'à ce qu'il soit suffisamment refroidi et de produire en même temps un serrage énergique des tôles, sont généralement préférées aux premières.

Les riveuses pneumatiques à main et à cadres, dans lesquelles l'air comprimé agit par frappage, rentrent dans la première catégorie; nous nous en occuperons dans le chapitre relatif aux machines-outils portatives.

La *riveuse électrique, système Kodolitsch,* qui était exposée par la Société anonyme d'électricité, à Vienne, agit également par percussion, mais en un seul choc; la pression nécessaire pour l'écrasement du rivet est produite par la force vive emmagasinée par une masse en mouvement, l'électricité n'intervient que pour produire ce mouvement.

Un moteur électrique à courant continu, placé dans le bâti de la riveuse, tourne d'une façon constante et présente cette particularité, que c'est l'induit qui est fixe, tandis que

l'inducteur et la carcasse sont animés du mouvement de rotation; sur cette carcasse et tournant avec elle, est fixé un électro-aimant dont le courant d'excitation provient d'une dérivation de celui de la dynamo; enfin, au-dessus de l'électro-aimant, se trouve une masse magnétique qui peut tourner indépendamment sur l'axe prolongé du moteur;

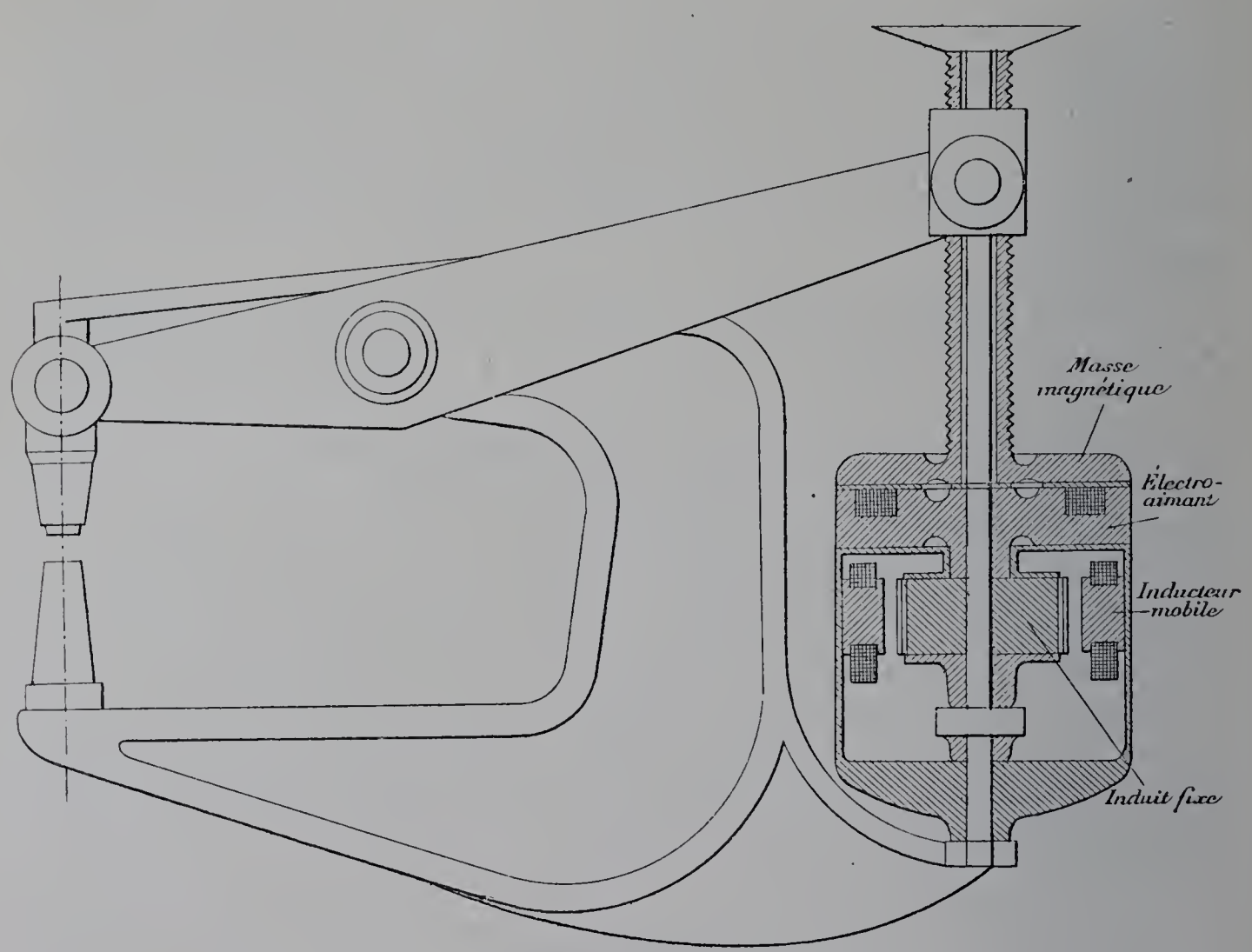


Fig. 209. — Riveuse Kodolitsch.

cette masse d'acier doux ou de fonte porte une tige filetée, qui actionne un écrou articulé à un bout du grand bras du levier de la riveuse, dont l'autre extrémité porte la bouterolle mobile.

Le fonctionnement est le suivant : le moteur tournant d'une façon constante, l'ouvrier ferme un interrupteur et fait arriver le courant dans l'électro-aimant; la masse placée au-dessus est entraînée par adhérence magnétique, l'écrou monte le long de la tige filetée et produit le rapprochement des bouterolles. Au moment où le choc se produit, un disjoncteur produit la rupture du courant; ce choc renvoie le levier en arrière et l'écrou reprend sa position initiale; dans ce mouvement, le disjoncteur automatique rétablit le courant et l'appareil est prêt pour une nouvelle opération.

Dans les riveuses par pression continue, l'agent de transmission peut être la vapeur, l'air comprimé ou l'eau sous pression; quelques riveuses hydrauliques figuraient seules dans la Classe 22.

L'application de la pression hydraulique au rivetage a été faite pour la première fois

vers 1871, par M. Twedell et figura à l'Exposition de 1878. L'appareil de rivetage exposé par *M. Jules* Leblanc dérive de celui de Twedell; il est destiné aux ateliers de grosse chaudonnerie et comprend une pompe de compression à 4 corps, un accumulateur d'eau comprimée et une riveuse articulée permettant de porter la pression sur les rivets jusqu'à 30 tonnes avec l'eau comprimée à 100 kilogrammes; la riveuse est tenue par un système de mât à potence formant grue et portant les tuyaux articulés, qui lui permettent de prendre toutes les positions horizontales et verticales.

L'emploi d'une batterie de pompes, d'un accumulateur et d'une tuyauterie entraîne certaines complications, que MM. Delaloe et Piat avaient évitées dans les riveuses qu'ils exposaient en 1889, et dont nous allons rappeler le principe. L'opération est décomposée en deux parties : dans la première, dès que la pièce munie du rivet est placée sur la bouterolle fixe, on amène à la main la bouterolle mobile au contact, en agissant sur son piston par un pignon à manivelle et une crémaillère; le cylindre du piston, mis en communication avec le réservoir de liquide, se remplit derrière lui; dans la deuxième partie, on envoie sur le piston du liquide en pression venant d'une pompe portée par la machine même et manœuvrée à la main ou mécaniquement. On évite ainsi l'emploi de l'accumulateur et des conduites; de plus, le liquide employé par la machine, en petite quantité d'ailleurs, étant toujours le même, peut être choisi de façon à ne pas geler aux plus basses températures.

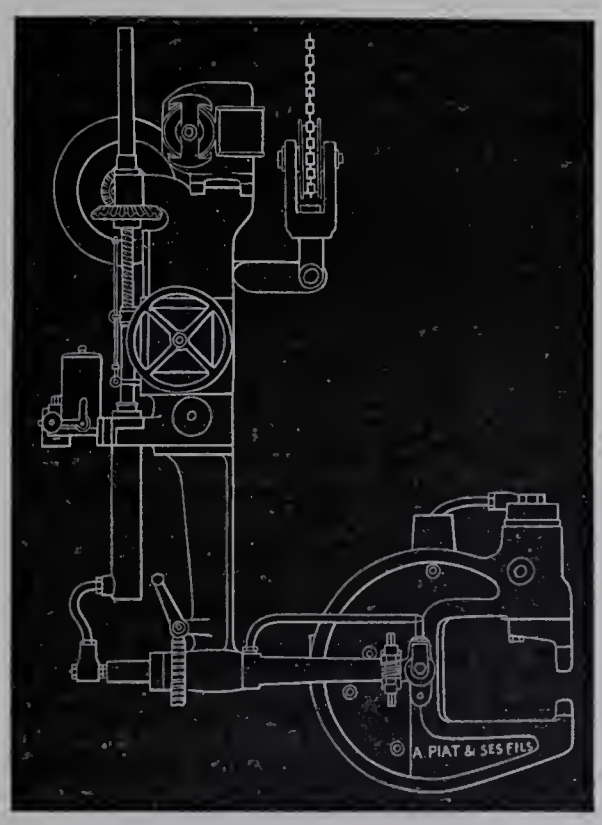


Fig. 210. — Riveuse mobile électrique (Delaloe et Piat).

C'est sur le même principe que repose la *riveuse mobile électrique* exposée par M. Piat, mais ici la manœuvre du piston de la pompe a lieu par un moteur électrique dont le courant peut être pris en un point quelconque du chantier.

Le bâti de la riveuse, en forme de C, est suspendu à une barre verticale, sur laquelle est monté le mécanisme moteur et de compression, par deux axes horizontaux perpendiculaires l'un à l'autre, autour desquels il peut faire une révolution complète par un mouvement de roue et de vis sans fin; les bouterolles peuvent donc occuper tous les points de l'espace.

Les deux bras du C portent, l'un la bouterolle fixe, l'autre le cylindre du piston de la bouterolle mobile avec dispositif d'approche rapide Delaloe. La pompe est disposée ainsi qu'un petit réservoir de liquide, le long de la barre verticale de suspension; elle possède un long piston plongeur dont la tige reçoit d'un moteur électrique la commande du mouvement de monte et baisse par une partie filetée et par vis, roue, pignons d'angle et écrou.

La tige du piston porte des butées de réglage qui agissent sur l'interrupteur du courant, pour arrêter le piston en haut ou en bas de sa course, en même temps qu'elles actionnent un frein monté sur la roue volant ; de plus, une corde attachée à la manette de débrayage permet d'interrompre le courant en un point quelconque de la course.

Le cylindre du compresseur et le cylindre de la bouterolle mobile sont reliés par des tuyaux passant dans les axes de tourillement du bâti, de façon à permettre au C de prendre toutes les positions que nécessite le travail. Deux clapets sont placés sur la conduite : l'un, de sûreté, est chargé d'un poids qui serait soulevé pour laisser écouler l'eau au réservoir, si la pression devenait trop grande ; l'autre, de manœuvre, met à la fois la pompe et la presse en communication avec le réservoir, quand il est ouvert ; une corde fixée à l'extrémité d'un levier permet la manœuvre de ce dernier.

On fait fonctionner la machine de la façon suivante : amener à la main la bouterolle mobile sur le rivet, par l'action sur la crémaillère du piston de presse, et soulever en même temps le clapet de manœuvre, de façon que l'eau arrive du réservoir dans la presse ; le contact obtenu, rabattre le levier du clapet et mettre la pompe en marche jusqu'à ce que le débrayage se produise automatiquement ou à la main ; ouvrir le clapet de manœuvre, remonter à la main la bouterolle mobile et embrayer en sens inverse pour la remonte.

MACHINES À FAIRE PAR COMPRESSION LES BOULONS, LES ÉCROUS ET LES VIS.

Machines à forger les boulons. — MM. Le Blanc et Despaigne exposaient des machines, *système Vincent,* destinées à frapper les têtes de boulons et de rivets. Ces machines, qui figuraient déjà à l'Exposition de 1889, ne sont autre chose que des balanciers présentant certaines dispositions particulières. Le volant de la vis et les plateaux de l'arbre de commande sont remplacés par des cônes de friction, la vitesse de rotation de la vis est donc uniforme ; de plus, le mouvement alternatif de montée et de descente est rendu automatique à l'aide de butées montées sur la tringle de manœuvre ; enfin un chasse-pièce automatique fonctionne au point le plus bas de la course. La tige de fer, nécessaire à la confection d'un boulon, est chauffée à une extrémité et se place dans la matrice inférieure ; la tête se forme à la rencontre de la matrice supérieure.

L'Acme Machinery présentait une machine horizontale à frapper les boulons à tête hémisphérique, conique, carrée, hexagonale, etc., dont le rendement n'est limité que par l'activité de l'ouvrier et surtout par la capacité de chauffe du four que l'on emploie pour porter au rouge les tiges destinées à la confection des pièces.

Les barres de fer ou d'acier appropriées aux dimensions des boulons ou rivets que l'on veut produire sont chauffées sur une longueur de 1 à 4 mètres suivant le diamètre, et placées une à une sur un guide spécial qui, avançant automatiquement, vient se heurter à une butée réglable. La barre est alors saisie par deux plaques formant une cisaille, qui coupe la tige. La partie ainsi sectionnée est amenée entre deux plaques formant ma

trice, en face de la bouterolle, et refoulée du côté de la tête du boulon ou rivet, suivant le profil ; enfin les deux plaques s'ouvrent pour laisser tomber la pièce finie. La même opération se reproduit à chaque révolution de la machine et le travail de l'opérateur consiste uniquement à mettre les barres au four et à les poser sur le guide de la machine, à appuyer sur la pédale, jusqu'au moment où le métal, étant devenu froid, doit être remis au four. Le mouvement d'avance de la barre, le mouvement transversal servant à couper les fers de longueur et le mouvement de la bouterolle pour refouler la tête des boulons, ont lieu par excentrique; le mouvement d'ouverture et de fermeture des matrices s'effectue par le mouvement d'un cabillot; juste en arrière de ce cabillot, se trouve dans la machine un ressort d'une force telle qu'il donne la pression voulue aux matrices au moment où elles se ferment. Cette force, qui est de 10,000 à 12,000 kilogrammes, est suffisante pour maintenir tout ce que la machine peut refouler; mais si, par accident, quelque objet se trouvait introduit dans les matrices, ou si l'ouvrier avait négligé de bien introduire le métal, le ressort céderait et empêcherait ainsi les ruptures possibles Enfin la machine porte une cisaille indépendante servant à couper les longueurs de fer qui ne doivent pas être reproduites en grande quantité.

Machines à forger les écrous. — En 1889, M. Sayn exposait une machine à forger les écrous, en deux opérations distinctes; d'abord un ébauchage des six pans, puis un matriçage en même temps qu'un poinçonnage pour former la débouchure du trou.

MM. Despaigne et Le Blanc se sont proposés, dans les machines qu'ils exposent aujourd'hui, de supprimer l'ébauchage.

La machine de M. Despaigne, brevet Hasenclever, est horizontale : le fer est présenté sur champ contre la matrice et subit une compression allant du centre à la périphérie, comme dans la machine de M. Le Blanc, dont nous allons nous occuper.

Cette dernière est verticale (fig. 211). Un sommier supérieur, relié à la base du bâti par de fortes tiges, reçoit les couteaux à déplacement transversal et les étampes poinçonneuses disposées autour d'un même axe, savoir : un poinçon rond fixe, un poinçon hexagonal mobile et une matrice fixe ouverte en dessous; un sommier inférieur, guidé dans son déplacement vertical par des glissières ménagées sur le bâti, reçoit un poinçon rond et un poinçon hexagonal, concentriques et mobiles; les différents mouvements d'outils sont produits par des manivelles montées sur un même arbre avec des calages différents. Le fonctionnement est le suivant : l'ouvrier pousse une barre de fer rouge sur un guide, les deux couteaux coupent le fer à la longueur nécessaire, le poinçon rond inférieur avance, perfore le trou et recule, le poinçon hexagonal inférieur refoule l'écrou dans la matrice, le comprime et recule, le poinçon hexagonal supérieur descend et fait tomber l'écrou terminé; un balai avance et enlève la crasse qui pourrait se trouver adhérente aux poinçons inférieur et supérieur, puis l'opération recommence. La machine bat de 55 à 80 coups et, suivant le degré de chauffage, on obtient de 25 à 35 pièces par minute.

Machine à fileter les tire-fond à chaud. — La machine de M. Despaigne repose sur le procédé de laminage entre galets, qui, depuis vingt-cinq ans, a été appliqué à différentes machines; le filetage est obtenu en faisant pénétrer la tige du tire-fond chauffée à haute température entre trois galets placés à égale distance d'un axe

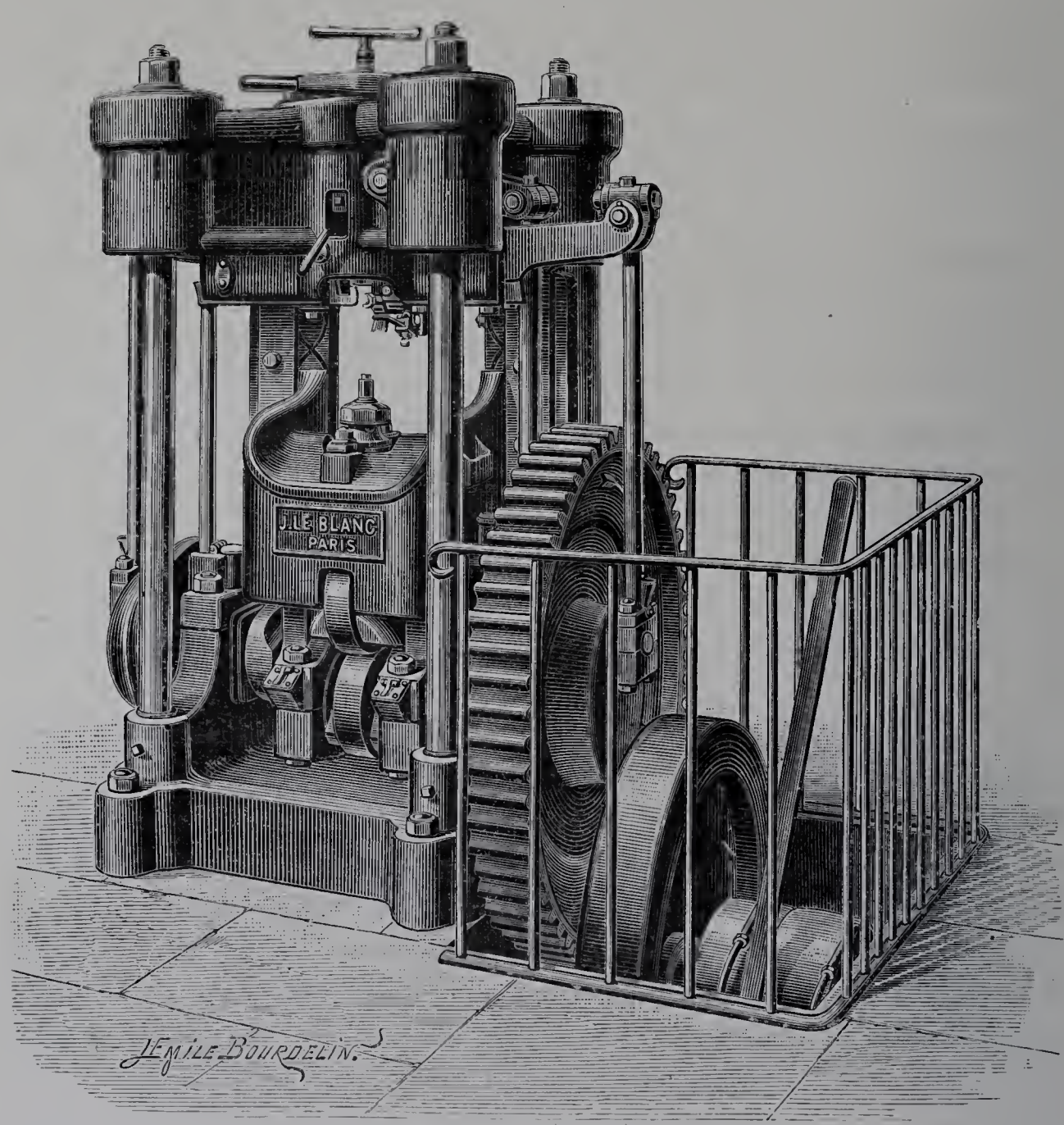


Fig. 211. — Machine à forger les écrous (Le Blanc).

commun, tournant dans le même sens et à des vitesses égales; les filets des cylindres s'impriment sur la tige et y déterminent une vis. La rotation des galets entraîne longitudinalement la pièce qu'on dégage ensuite en renversant le mouvement. Pour fileter conique, une rampe produit le rapprochement progressif des galets.

Le procédé employé par M. Le Blanc date de 1893 (fig. 212); il consiste à faire rouler la tige du tire-fond entre deux segments concentriques dont les empreintes en hélice, filetées sur le tour, produisent le filet. L'ouvrier présente la tige dont la tête a été préalablement frappée; les deux outils saisissent la tige qui roule entre les deux surfaces à

empreintes, puis tombe terminée. Un volant avec vis de pression permet de rapprocher les deux outils pour compenser l'usure ou faire de petites variations dans le diamètre de la tige à tarauder. Un jet d'eau arrose constamment les outils et les lave. La ma-

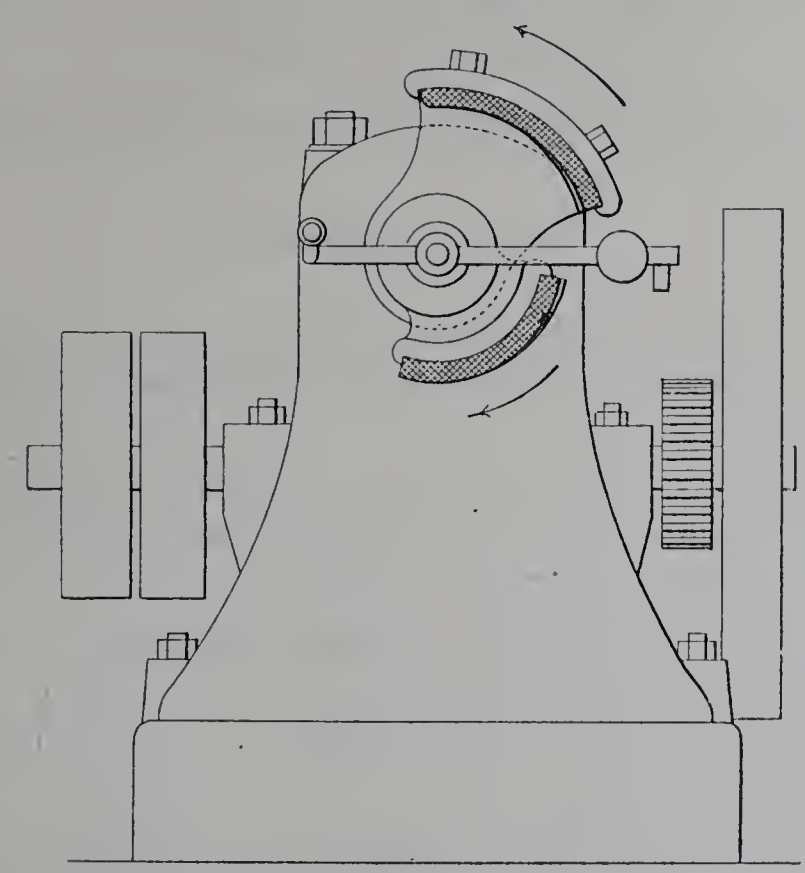


Fig. 212. — Machine à fileter les tire-fond à chaud (Le Blanc).

chine fait de 15 à 20 tours à la minute et peut, à chaque tour, faire le filet d'un tire-fond, soit de 15 à 20 pièces à la minute.

CHAPITRE XIII.

MACHINES À TRAVAILLER LES TÔLES, LES FERS EN BANDES ET LES FILS MÉTALLIQUES, MATÉRIEL DE FORGE.

Cisailles pour tôles. — Machines à plier, à border, à moulurer, à agrafer, à sertir. — Machines à rouler, à cintrer, à couder et à refouler. — Machines à laminer, à dresser. — Machines à travailler les fils métalliques. - Matériel de forge.

Nous avons réuni dans le présent chapitre différents genres de machines destinées aux travaux de chaudronnerie, ferblanterie, quincaillerie, etc., et ne rentrant pas dans les catégories que nous avons étudiées dans les deux chapitres précédents, savoir : les marteaux et les presses.

Nous les classerons de la façon suivante :

Cisailles pour tôles ;

Machines à plier, à border, à moulurer, à agrafer, à sertir ;

Machines à rouler, à cintrer, à couder et à refouler;

Machines à laminer, à dresser;

Machines à travailler les fils métalliques.

Nous passerons rapidement toutefois sur un certain nombre d'entre elles dont les dispositions n'ont pas varié depuis l'Exposition de 1889.

Enfin nous terminerons en disant quelques mots du matériel de forge.

CISAILLES POUR TÔLES.

Les cisailles pour tôles comprennent des cisailles à levier à main, des cisailles à guillotine avec lames droites ou courbes et des cisailles à lames circulaires animées d'un mouvement de rotation.

Parmi les cisailles à main, nous citerons la machine de MM. Bonamy, de Sarnez et Cie (1888), qui permet de faire des découpages intérieurs et des ouvertures dans un panneau, sans être gêné par les bords de la feuille. Le levier a son axe disposé à l'extrémité d'un long bras coudé qui fait retour au-dessus de la table sur laquelle est placée la feuille à découper; il porte deux branches situées de part et d'autre de l'axe et pouvant recevoir des lames semblables ou de formes différentes; la table porte des équerres sur lesquelles se fixent les contre-lames.

Les cisailles à guillotine comportent généralement un embrayage instantané, à pédale, avec arrêt automatique après la coupe (Bonamy, Pinchart-Deny, Bliss, Kircheis).

Les cisailles circulaires qui furent employées, dès 1785, par le graveur Jean-Pierre Droz, de Paris, pour rogner les côtés des lames métalliques employées à la fabrication des flans monétaires, comportent, en principe, deux disques circulaires à axes parallèles et disposés de part et d'autre de leur tranche commune; ces disques sont animés d'un mouvement de rotation en sens inverse et déterminent l'entraînement de la pièce et sa coupe suivant le plan tranchant des lames; ils sont généralement cylindriques (Pinchart Deny, Lépine et Grimar); quelquefois le supérieur est légèrement conique et possède un peu de coupe (Le Blanc). Lorsqu'on veut couper des fonds de couvercles sans être gêné par les arbres, on oblique l'arbre inférieur sur l'horizon, et, par la conicité du disque, on ramène la tranche à être horizontale (Kircheis). Enfin des supports spéciaux permettent de faire des découpages droits, circulaires ou ovales.

MACHINES À PLIER, À BORDER, À MOULURER, À AGRAFER, À SERTIR.

Les plieuses exposées par M. Soyer et par M. Kircheis sont destinées au coudage de grandes feuilles de tôle suivant un certain angle, avec arête vive ou arrondie; elles comprennent essentiellement une table horizontale fixe sur laquelle on place la tôle, un sommier par lequel on la presse et un tablier pivotant autour d'un axe horizontal pour opérer le coudage.

Lorsque le pliage se rapporte à la formation de coudes plus ou moins aigus sur le bord des tôles, l'opération porte le nom de *bordage;* lorsque le pli est multiple comme dans certains assemblages, il constitue l'*agrafage,* et, dans ce dernier cas, le contact des parties est assuré en les appliquant fortement par pression les unes sur les autres par une opération qui constitue le *sertissage.*

Comme complément des presses dont nous nous sommes précédemment occupés et qui étaient disposées pour la confection des boîtes métalliques diverses, les constructeurs présentaient des machines à border, à moulurer et à sertir, dans lesquelles le travail était exécuté par des disques ou molettes tournant en sens contraire, l'une des molettes pouvant d'ailleurs être constituée par un mandrin intérieur à la pièce sur lequel la molette extérieure prend appui, par exemple dans l'opération du double sertissage ; ce mandrin peut même être complètement supprimé dans le sertissage simple, lorsque la résistance de la boîte est suffisante.

Nous avons vu, dans la fabrication des bidons de luciline de M. Bliss, un exemple de l'agrafage du corps par l'emploi des presses.

Lorsqu'on veut sertir un couvercle sur un fond de boîte, les bords de la boîte doivent être relevés d'équerre. M. Leroy exécute, à l'aide de molettes, l'opération sur un tour, entre les deux poupées duquel est placé le corps de boîte. Quant au bordage du flan, il peut être effectué en même temps que le découpage, à l'aide d'outils combinés. Le travail est terminé sur les machines à simple sertissage ou à double sertissage, suivant le cas. Les unes et les autres présentent, en général, l'aspect d'une machine à percer à pédale; la table qui sert de support à la boîte permet de l'élever contre le mandrin qui reçoit le mouvement de rotation de la broche; la pression de la pédale engage l'embrayage à friction et fait commencer la révolution de la boîte. Sous l'action d'un levier qu'on manœuvre à la main, et dont un point prend appui sur une butée fixe ou une came, la molette à sertir suit automatiquement la forme du fond à une distance de quelques millimètres; dans les machines à double sertir, l'opération est faite par deux leviers pour faire agir, l'une après l'autre, les deux molettes (Bliss, Kircheis, Rhodes, Leroy).

Pour le sertissage des couvercles et des fonds de boîtes de fer-blanc de forme carrée, oblongue ou irrégulière, M. Bliss et M. Rhodes emploient l'un et l'autre une machine à table horizontale, dans laquelle la sertissure est obtenue au moyen de quatre mâchoires se mouvant suivant les rayons de la table et frappant simultanément la boîte.

M. Bliss fait usage, dans la fabrication des pièces embouties pour ustensiles de ménage, d'un tour à lisser, rogner et border simultanément, dans lequel la molette de lissage est montée sur un support avec des chariots en croix et les molettes pour rogner et border de part et d'autre d'un chariot oscillant transversal.

Le même constructeur expose une machine à imprimer les pas de vis sur les capsules en fer-blanc ou en étain; le pas est imprimé à l'aide de deux molettes tournant dans le même sens, entre lesquelles la pièce se visse comme dans un écrou et sort d'elle-même, le travail une fois terminé.

MACHINES À ROULER, À CINTRER, À COUDER ET À REFOULER.

Nous n'avons rien de particulier à dire sur les quelques machines à rouler les tôles et à cintrer les fers qui figuraient dans la Classe 22; leurs dispositions sont, d'ailleurs, depuis longtemps connues. Nous signalerons toutefois, dans l'exposition de M. Dard, une machine à cintrer les tubes à froid et un jeu de deux machines, l'une à former, l'autre à rouler les volutes.

Le cintrage des tubes à froid est obtenu par la pression de galets, dont la section représente en creux la demi-section du tube à travailler. Un galet F, placé au centre du bâti, peut être fixe ou recevoir un mouvement de rotation autour de son axe; des galets C, qui, pour le réglage, se déplacent radialement dans les coulisses d'un plateau supérieur, peuvent ou bien participer au mouvement de rotation du plateau autour de l'axe du galet F, ou bien, si le plateau est immobile, posséder un mouvement de rotation autour de leur axe en rapport avec la rotation du galet central.

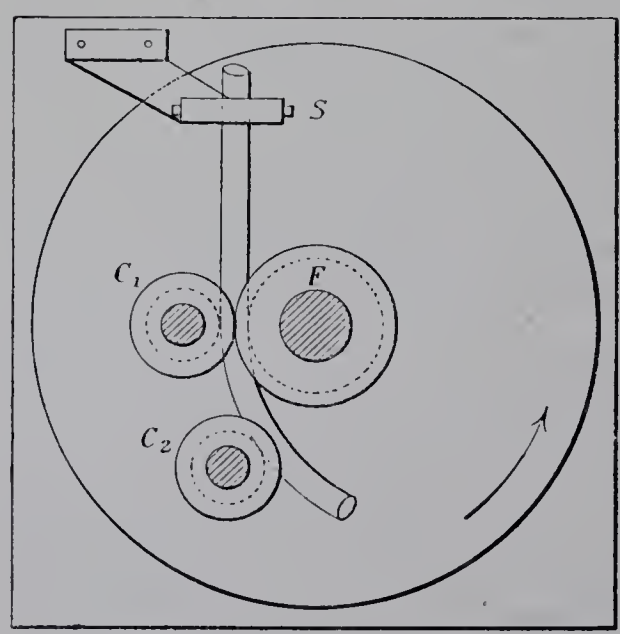


Fig. 213.

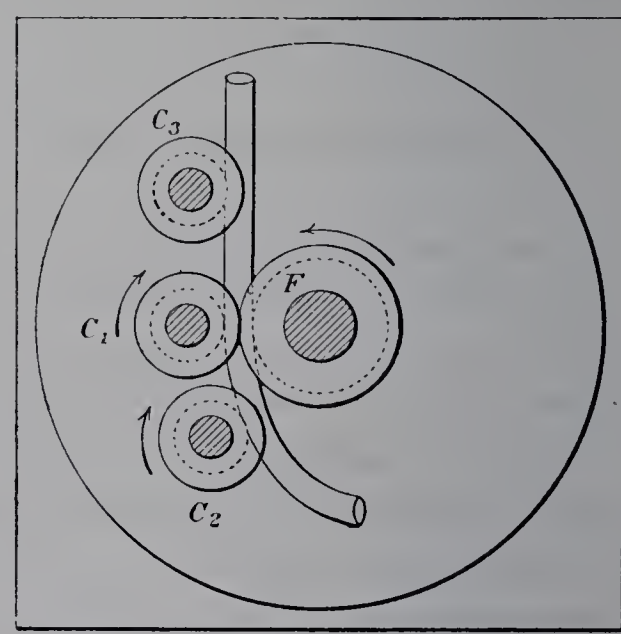


Fig. 214.

Lorsqu'on veut cintrer un tube (fig. 213), il faut fixer un de ses points dans les mordaches d'un support fixe S et employer deux galets C 1 et C 2, qui sont entraînés par le plateau supérieur dans le sens de la flèche et forcent le tuyau à s'infléchir suivant le rayon du galet F.

Pour former un serpentin (fig. 214), le plateau supérieur reste fixe, et c'est le tube, qui, n'étant plus maintenu par le support fixe, subit l'entraînement par la rotation des galets F et C 1, et se courbe en venant porter sur le galet C 2; la succession des arcs de cercle ainsi obtenus forme un cercle complet qui se superpose à celui en formation, et ainsi de suite.

Le support fixe est alors remplacé par un galet, C 3, qui maintient par sa pression le tube appliqué dans la gorge des poulies.

On peut également obtenir des serpentins triangulaires, carrés ou rectangulaires et,

enfin, des tubes en spirale; dans ce dernier cas, il suffit de faire avancer ou reculer le galet C 2 à mesure que le tube s'enroule.

Le mouvement du plateau supérieur ou le mouvement de rotation des galets sont obtenus à l'aide de deux systèmes distincts de manivelle, vis sans fin et roue.

Pour *rouler des fers en forme de volute,* on commence par ébaucher le noyau central sur une machine à main dont un levier, par sa rotation, coude l'extrémité du fer préalablement chauffé à blanc, puis on le finit dans une matrice par un coup de marteau; les volutes sont ensuite roulées sur une machine, analogue aux machines à cintrer, à l'aide de trois rouleaux; le supérieur, qui produit l'entraînement, est animé d'un mouvement de rotation, les inférieurs sont fous, mais sont montés sur des chariots mus par des vis à pas contraires, qui sont actionnées par la rotation même du cylindre entraîneur.

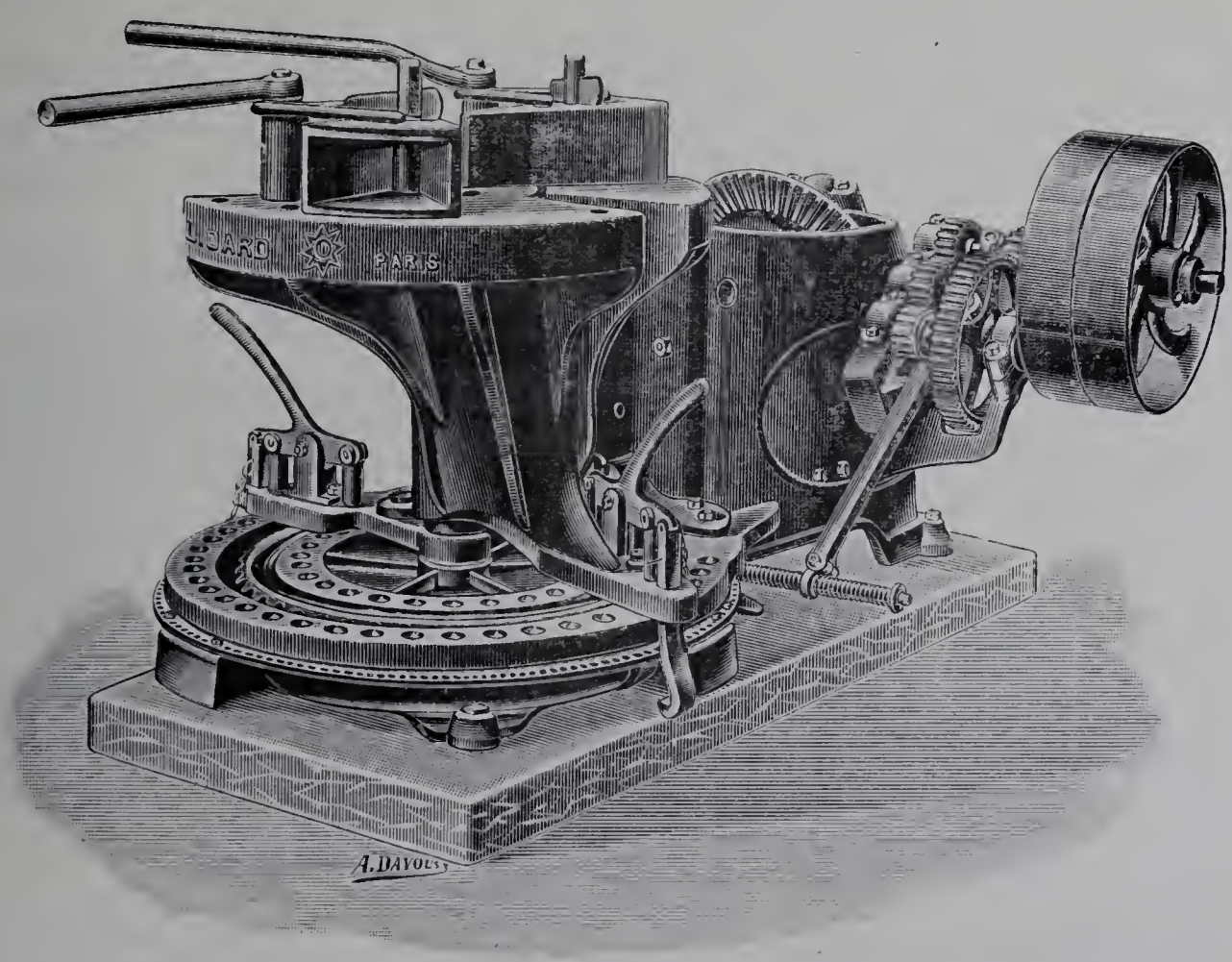


Fig. 215. — Machine à couder et refouler (Dard).

M. Dosme exposait, en 1889, une *machine à couder et à refouler* dont le principe était le suivant : un système de mordaches maintient la barre de fer, préalablement chauffée, sur deux secteurs, dont l'un peut tourner par rapport à l'autre autour de leur axe commun; le deuxième secteur est fixe lorsqu'on coude; il reçoit un déplacement rectiligne par coulissage, suivant un rayon de l'ensemble, quand on refoule.

Une machine analogue, mue à la main, était exposée en 1900, par M. Charlet, dans la section belge; M. Dard présentait, dans la section française, une machine du système Dosme, dont les mouvements étaient obtenus mécaniquement (fig. 215).

La commande, avec mécanisme de changement de marche et retour rapide, communique un mouvement de rotation à une roue portée à la partie inférieure de l'axe central; chacun des secteurs peut être relié au bâti, ou à la roue, pour obtenir soit l'immobilité, soit la rotation du secteur mobile circulairement, soit le déplacement du secteur rectiligne par un mouvement de bielle.

L'ouvrier produit la mise en marche et le changement de marche par la manœuvre d'une poignée et reste complètement maître de tous les mouvements de la machine.

MACHINES À LAMINER, À DRESSER.

Parmi les machines rentrant dans cette catégorie, nous citerons le laminoir de calibrage de M. Schuler, employé dans la fabrication des monnaies pour le calibrage des bandes de métal sorties du laminoir ordinaire. Le cylindre inférieur reçoit seul un mouvement de commande et ses coussinets sont munis d'un système de réglage précis; le cylindre supérieur, qui n'est pas commandé directement, est constamment poussé vers le haut par un levier à contrepoids, de façon à assurer la régularité des dimensions.

Le même constructeur expose une machine à cordonner, c'est-à-dire à refouler les bords des flans, qui trouve son emploi dans les ateliers de fabrication de monnaies et de médailles. Le flan est emmené automatiquement et roulé entre deux outils à cordonner, c'est-à-dire deux rainures ayant le profil du cordon, l'une fixe, l'autre fixée à un coulisseau guidé à queue d'aronde.

M. Bariquand expose la machine à dresser les barres rondes, qui figurait déjà en 1889; les barres se présentent obliquement sur l'axe de l'appareil et passent entre trois barres cylindriques, qui sont animées d'un même mouvement de rotation et dont les axes, légèrement inclinés l'un sur l'autre, sont disposés suivant trois génératrices d'un hyperboloïde de révolution à une nappe.

MACHINES DIVERSES À TRAVAILLER LES FILS MÉTALLIQUES.

Machines à faire les ressorts à boudin de sommiers. — M. Spühl présentait le jeu de machines nécessaires à la fabrication complète des ressorts de sommiers qu'il exposait déjà en 1889, concurremment avec les ateliers de construction de Saint-Georges. On sait que ces ressorts sont formés d'un fil de laiton ou d'acier enroulé, avec diamètre variable des spires, de manière à représenter approximativement un hyperboloïde à une nappe; le jeu de machines comprend une machine à enrouler les ressorts, un appareil à les réduire et une machine à nouer les bouts.

Machine à faire les tire-bouchons. — En 1878, MM. Clough et Williamson fabriquaient automatiquement des tire-bouchons en fil d'acier; les fils préalablement tournés en pointes et coupés de longueur étaient présentés à la machine qui pliait, tordait le fil

et livrait le tire-bouchon terminé. La machine exposée en 1900, par M. Rockwell Clough, est complètement automatique; elle saisit directement le fil de fer disposé en pelote sur un moulin, l'étire, le coupe, l'aiguise, le courbe et le tord en forme de tire-bouchon, en le fixant solidement à un manche en bois. La production peut être de 5,000 pièces par jour.

Machines à fabriquer les chaînes. — MM. Bellair et Cie exposaient une machine à fabriquer la chaîne dite *épinglette,* qui offrait certaines simplifications au point de vue de la transformation de mouvement et du réglage des organes sur le modèle qu'ils présentaient en 1878.

Les mêmes constructeurs exposaient également une machine à fabriquer la chaîne dite *forçat,* dont les dispositions générales rappellent celles de la machine Jesson, qui date de 1878. La chaîne en question est constituée par une série indéfinie de mailles identiques emmaillées de façon à ce que deux éléments consécutifs soient, quand on tient la chaîne verticale, dans deux plans verticaux et orthogonaux. La forme d'une maille est celle de l'ovale.

Le fil métallique, placé sur une bobine verticale, passe sur un galet et va s'enrouler, suivant une hélice ellipsoïdale, dans une filière montée sur une broche, qui est animée d'un mouvement de rotation saccadé. Le fil, en sortant de la filière sous forme d'hélice de pas allongé, pénètre dans le dernier maillon exécuté, puis un couteau coupe le fil, en même temps que la maille en formation est prise dans un étau, où, de gauche qu'elle était, elle devient plane et se forme.

MATÉRIEL DE FORGE.

En ce qui concerne le matériel de forge, qui figurait dans la Classe 22, nous citerons d'une façon particulière les expositions de M. Enfer et de MM. Barbier et Vivez, comprenant des machines à chauffer les rivets, des forges portatives à ventilateurs, des compresseurs d'air pour l'alimentation des chalumeaux, des fours à cémenter, recuire, tremper, des fours à braser au gaz d'éclairage, etc.; nous noterons également un wagonnet de chargement pour étuves et fours à recuire construit par M. Cordier, etc.

Trois modèles de *lampe à souder* étaient exposés par M. Longuemarre et par M. Fouilloud, dans la section française; par M. Mac Siévert, dans la section suédoise; le premier fonctionne sans pression intérieure avec de l'essence minérale froide, les deux autres utilisent la pression de l'air obtenue par une petite pompe faisant partie de la machine, le deuxième avec de l'essence froide, le troisième avec de l'essence à haute température.

Ils comprennent essentiellement un réservoir communiquant avec la tuyère, directement lorsqu'on emploie l'essence froide, par un serpentin qui entoure le tuyère quand on utilise l'essence chauffée (Siévert); sur le trajet du réservoir à la tuyère se trouve un régulateur; une petite pompe à main permet l'introduction de l'air dans le réservoir,

IMPRIMERIE NATIONALE.

lorsqu'on agit sous pression (Fouilloud, Siévert). L'amorçage se produit en versant dans une cuvette et en allumant une petite quantité d'alcool, dont la chaleur volatilise l'essence intérieure et échauffe la base de la tuyère. Si on ouvre alors progressivement le régulateur, les vapeurs d'essence passent dans le chalumeau et s'enflamment d'elles-mêmes ou sont enflammées à l'aide d'une allumette; la lampe continue ensuite à brûler jusqu'à épuisement.

La lampe Longuemarre donne une température de flamme de 1,200 degrés et permet, par conséquent, tous les travaux de soudure; la pression ne dépasse pas à l'intérieur 3/5 d'atmosphère, il n'y a donc pas lieu de craindre une explosion provenant d'un excès de pression. Les modèles Fouilloud et Siévert donnent une température de 1,600 à 1,800 degrés et permettent de faire non seulement les soudures, mais encore les brasures; ils fonctionnent sous une pression que l'on maintient en donnant quelques coups de pompe de temps en temps; comme appareil de sûreté, M. Fouilloud ajoute une soupape, qui consiste essentiellement en une rondelle de plomb qui vient en fléchissant se percer contre une aiguille placée à l'intérieur d'un bouchon creux, dans le cas où un excès de pression viendrait à se produire à l'intérieur.

CHAPITRE XIV.

MACHINES-OUTILS PORTATIVES.

Différents types de machines-outils portatives. – I. Flexibles. – II. Transmission par l'électricité. – III. Transmission par la vapeur. – IV. Outils pneumatiques; dispositions générales, marteaux, riveuses, perceuses, appareils de levage.

DIFFÉRENTS TYPES DE MACHINES-OUTILS PORTATIVES.

Les machines-outils dont nous nous sommes occupés jusqu'à présent peuvent être considérées comme des machines fixes; une fois établies dans une usine, elles reçoivent, sans qu'on les déplace, les pièces sur lesquelles elles doivent effectuer une ou plusieurs opérations déterminées. Il est des cas cependant où il peut être avantageux de déplacer la machine, au lieu de la pièce, par exemple lorsque cette dernière est très pesante et que le travail se réduit au perçage de quelques trous ou au dressage de petites surfaces, ou encore lorsqu'il s'agit d'exécuter certaines opérations de montage sur des machines volumineuses, chaudières à vapeur, gazomètres, réservoirs, affûts, navires, etc., ou bien d'en effectuer la réparation. Dans tous les cas, le problème consiste à transmettre la force motrice à une distance plus ou moins grande, variable à volonté; grâce à l'emploi de machines simples, facilement transportables et d'une installation rapide, on arrive ainsi à substituer au travail manuel le travail mécanique : l'Exposition nous offre

plusieurs moyens d'obtenir ce résultat, à l'aide de flexibles et de transmissions de la force par l'électricité, la vapeur ou l'air comprimé.

I. FLEXIBLES.

M. Fonreau transmet le mouvement du renvoi à la machine au moyen d'un flexible. Un flexible comprend :

1° Une série de ressorts en spirale superposés et de pas contraires pour deux couches successives, qui constituent l'âme du flexible;

2° Une gaine en cuir maintenue en forme par une spirale en fil d'acier, dans laquelle tourne cette âme; un emmanchement à baïonnette relie l'un des bouts du câble à l'axe du renvoi et l'autre à l'axe d'un pignon d'angle qui actionne l'arbre de la machine. La commande est prise sur la transmission de l'atelier à l'aide d'une sorte de renvoi intermédiaire qu'on fixe au sol ou à un support quelconque, et qu'on commande par une corde; elle est transmise à un foret, un taraud, une fraise, une meule d'émeri; le porte-outil est supporté par un cadre qui peut être fixé à l'aide de boulons, si c'est nécessaire, sur la pièce à travailler.

II. TRANSMISSION PAR L'ÉLECTRICITÉ.

M. Fonreau étend l'action de son flexible à une distance pour ainsi dire illimitée, en prenant la commande sur l'arbre de l'induit d'une petite dynamo réceptrice, reliée à une ligne de transport de force.

MM. Collet et Engelhard exposaient des machines à percer mobiles, qui étaient actionnées par un électromoteur roulant de la force de 1 à 2,5 chevaux. L'armature électrique est logée dans une caisse en fonte montée sur roues et comprenant en outre le tambour pour le câble et le rhéostat de mise en marche; le timon peut être relevé et le moteur suspendu afin de l'amener à proximité du point où on doit opérer. La liaison de l'électromoteur et de la machine a lieu par un arbre articulé et extensible, relié au moteur au moyen de pas de vis et à la machine par des manchons fixes, qui permettent de désembrayer instantanément sans arrêter la marche du moteur.

Les mêmes constructeurs montraient également des machines roulantes actionnées par électromoteurs, savoir : une machine à percer universelle radiale et une machine à percer et tarauder. La machine de chaque modèle est montée sur un chariot mobile supporté pendant les déplacements par quatre galets et pendant le travail par quatre vis robustes à plateaux, qui servent à assurer sa stabilité; elle porte un électromoteur de la force de 1 cheval, qui actionne l'arbre porte-outil et comporte un changement de marche pour commander le retour de la broche.

Enfin un appareil électrique suspendu permet de rectifier les trous poinçonnés dans les pièces en tôle; il comprend un moteur de 1,5 cheval, une transmission par engrenages logée dans une caisse comprenant en outre le rhéostat de mise en marche et le tambour du câble, un arbre articulé extensible et enfin l'alésoir proprement dit.

Les ateliers de construction Oerlikon présentaient des perceuses portatives à commande électrique transportables sur roues et analogues aux précédentes, une machine à percer et à tarauder à commande électrique dans laquelle l'avancement ou le retrait de l'outil peut être opéré rapidement au moyen d'un pignon denté, une perceuse électrique roulante suspendue, qui est en somme un pont roulant de levage dont on aurait remplacé le dispositif de levage par une perceuse appropriée, et quelques autres applications électro-mécaniques à la commande des machines-outils.

III. TRANSMISSION PAR LA VAPEUR.

La vapeur peut, par son action directe, servir à transmettre la force à distance et nous trouverons des exemples de ce mode d'emploi, quand nous nous occuperons des machines à travailler les bois, en particulier des scies alternatives servant à tronçonner les arbres dans les forêts.

L'United States Metallic Packing C° exposait une perceuse portative, fonctionnant à la vapeur, dont le rayon d'action n'est limité que par la longueur de la tuyauterie qui l'alimente; le moteur est rotatif et la vapeur agit dans une chambre circulaire sur les palettes d'un piston de même forme, mais excentré, sur l'axe duquel est monté un pignon qui communique son mouvement de rotation à une couronne dentée montée sur le même axe que l'arbre porte-foret.

Cette machine peut d'ailleurs marcher à l'air comprimé et rentre dans la catégorie des outils pneumatiques dont nous allons nous occuper.

IV. OUTILS PNEUMATIQUES.

Dispositions générales. — Déjà en 1878, MM. Allen et Roeder exposaient un marteau à river qui, sous l'action d'un piston actionné par l'air comprimé, donnait une succession rapide de chocs sur le rivet. Puis en 1889, M. Mac Coy présentait, dans la Classe 5 (Section Américaine), un appareil à main également mis en marche par de l'air comprimé à la pression de 3 à 5 atmosphères et permettant de graver, buriner, repousser, riveter, etc.

L'outil proprement dit était fixé à un porte-outil qui pouvait coulisser longitudinalement et était constamment rappelé par un ressort à boudin vers l'intérieur de l'appareil. Un piston frappeur, sous l'action de l'air comprimé qui vient alternativement agir au-dessus et au-dessous, prend un mouvement rapide de va-et-vient qu'il communique au porte-outil; le distributeur qui donne accès à l'air consiste en un petit piston qui coulisse dans un logement transversal et couvre et découvre tour à tour les orifices d'échappement et d'admission d'air.

Il est difficile de déterminer d'une façon précise à qui revient le mérite de l'invention de ces outils, mais depuis dix ans l'usage s'en est répandu dans les grands chantiers de construction de locomotives, de chaudières, de navires, etc., sous forme de marteaux,

riveuses, perceuses, grues, vérins, etc., et on ne saurait contester l'influence capitale qu'a exercée M. Boyer, tout au moins sur leur perfectionnement.

A l'Exposition de 1900, trois maisons de Chicago, la Chicago Pneumatic Tool Company, la Q. and C. Company et la Standard Pneumatic Tool Company, exposaient toute une collection d'outils et appareils que nous allons rapidement passer en revue.

L'installation comprend, en général, un compresseur pouvant fournir le volume d'air nécessaire à la pression de 4 à 7 kilogrammes, un réservoir d'air comprimé, une conduite générale en plomb et des tuyaux en caoutchouc branchés sur la conduite générale et amenant l'air à chaque outil; le compresseur est muni d'un régulateur spécial arrêtant la compression dès qu'on a atteint la pression voulue et la remettant automatiquement en train lorsque la pression baisse. Les outils eux-mêmes sont munis de raccords rapides qui viennent se fixer sur les tuyaux de caoutchouc et permettent le remplacement immédiat de l'un par l'autre. Enfin des filtres sont interposés entre le réservoir et les appareils et empêchent les poussières, ainsi que l'oxyde de fer provenant des conduites principales, de pénétrer dans l'intérieur des outils et d'en détériorer les organes.

Marteaux. — Tous les marteaux reposent sur le même principe que celui de Mac Coy, mais ils diffèrent entre eux par leurs dispositions de détail et surtout par leur mode de distribution; dans les marteaux de la « Q. and C. », la distribution est faite par le piston lui-même; dans les autres, il y a un distributeur spécial, transversal comme dans Mac-Coy (Standard Pneumatic Tool, type Petit Géant) ou longitudinal (Chicago Pneumatic Tool, type New Boyer). Les modèles sans distributeur sont à course courte, 20 millimètres environ, et frappent un grand nombre de coups par minute, 10,000 à 20,000; ils sont excellents pour les petits travaux, mais leur puissance est trop faible pour le rivetage et les gros travaux de chaudronnerie; ceux avec distributeur conviennent mieux pour les gros travaux; le nombre de coups varie suivant le modèle, de 1,000 à 2,000 (Petit Géant), de 800 à 5,500 (New Boyer), avec une course de 57 à 127 millimètres (Petit Géant), de 19 à 127 millimètres (New Boyer), et même de 230 millimètres dans le New Boyer à longue course; bien que plus compliqués que les appareils sans distributeur, ils peuvent, lorsqu'ils sont hors d'usage, être remis en état de fonctionner par le remplacement de quelques pièces relativement peu coûteuses. De plus, les appareils à distribution longitudinale paraissent présenter, sur les apppareils à distribution transversale, l'avantage d'éviter les vibrations latérales qui, occasionnées par la distribution elle-même, peuvent rendre difficile le maintien de l'outil dans la direction du travail. Enfin le distributeur transversal diminue la course du piston; il s'ensuit que, pour avoir la même puissance, il faut allonger le marteau ou augmenter le diamètre du piston, ce qui se traduit dans les deux cas par une augmentation de poids.

On peut se rendre compte de l'économie de main-d'œuvre que l'adoption de ces outils peut introduire dans un atelier de construction, si l'on remarque que le frappeur de l'appareil New-Boyer, n° 2, par exemple, reçoit 2,600 coups de piston à la minute,

alors que dans le même temps un ouvrier, employant un marteau ordinaire, ne pourra frapper au maximum que 60 à 80 coups.

La commande du marteau, quel qu'en soit le modèle, a généralement lieu à l'aide d'une gâchette ou d'un poussoir fixé sur la poignée; ce poussoir, en s'abaissant, vient agir sur une valve d'admission de l'air dans l'appareil.

Dans le marteau « Q. and C. », le piston fait lui-même office de distributeur et l'air agit sur la tête ou sur un épaulement du piston pour le lancer dans un sens ou dans

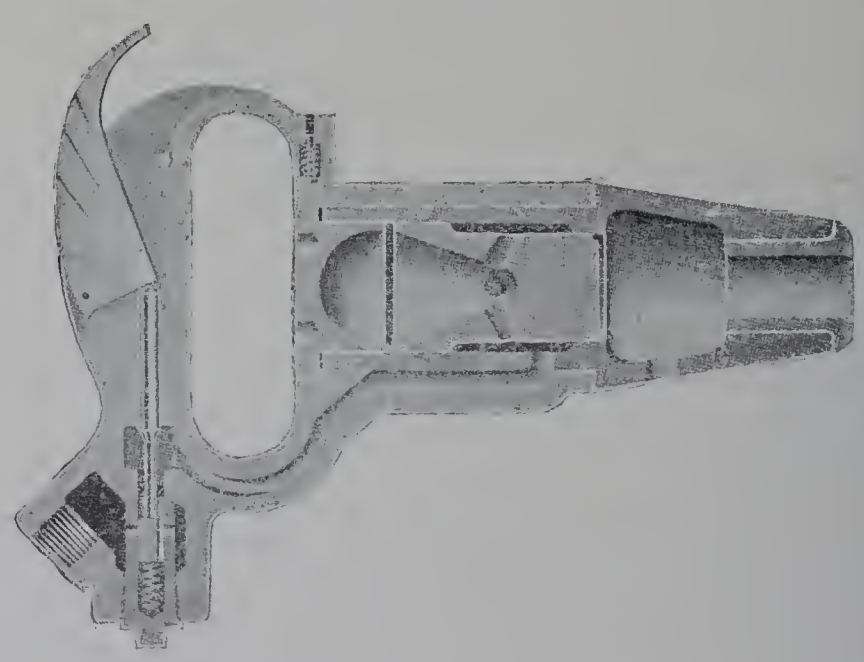


Fig. 216. — Coupe du marteau simple « Q. and C. ».

l'autre; l'évacuation a lieu sur le côté et à l'extrémité de l'outil. On le construit aussi avec deux pistons l'un derrière l'autre et l'air admis entre les deux pistons tend à réduire les vibrations; nous croyons même savoir que des perfectionnements de détail ont permis récemment de supprimer la masse arrière et de créer un nouveau type à piston unique.

Le marteau Petit Géant est muni d'un distributeur transversal, qui permet à l'air de s'introduire tantôt en avant, tantôt en arrière du piston, en même temps qu'il ouvre l'échappement du côté opposé. Cet air d'échappement assure lui-même le déplacement du distributeur et forme coussin au retour du piston.

Dans les marteaux New-Boyer, la distribution est réglée par un tiroir annulaire qui présente deux épaulements de diamètre et par conséquent de surface différente et est susceptible de se déplacer dans un sens ou dans l'autre, à la condition, quand la pression agit sur le plus petit diamètre, qu'il n'y ait pas d'air dans l'espace agissant sur la plus grande surface de la valve. L'air, en agisssant sur le tiroir, le porte dans un sens ou dans l'autre, ouvre ou ferme l'admission en avant ou en arrière du piston, en même temps que le piston, en passant, ouvre l'échappement et admet l'air en avant ou en arrière du tiroir.

Riveuses. — Nous laisserons de côté les riveuses dans lesquelles l'air comprimé agit

par pression; nous ne nous occuperons que de celles dans lesquelles l'air agit par frappage, comme dans les outils dont nous venons de nous occuper. Elles peuvent se diviser en riveuses à main et riveuses à cadre.

Les riveuses à main ne sont que des marteaux puissants à longue course, portant une bouterolle à la place d'un burin; elles sont employées concurremment avec un tas à ressort ou un tas pneumatique. Le tas pneumatique, qui sert à tenir le coup du marteau, comprend un cylindre dans lequel se meut un piston, qui porte l'empreinte du rivet d'un côté et reçoit de l'autre la pression de l'air.

La Chicago Pneumatic Tool Company fabrique *un marteau type Boyer à longue course*, spécialement étudié en vue du rivetage et permettant de poser à chaud des rivets en fer de 25 millimètres de diamètre avec de l'air à la pression effective de 7 kilogrammes par centimètre carré; la course du piston est de 230 millimètres et la vitesse de 800 coups à la minute. Le poids total est de 8 kilogrammes.

Deux distributeurs formant tiroirs peuvent se déplacer suivant leur axe; ils sont reliés ensemble par deux tiges et avancent et reculent simultanément, en réglant l'ad-

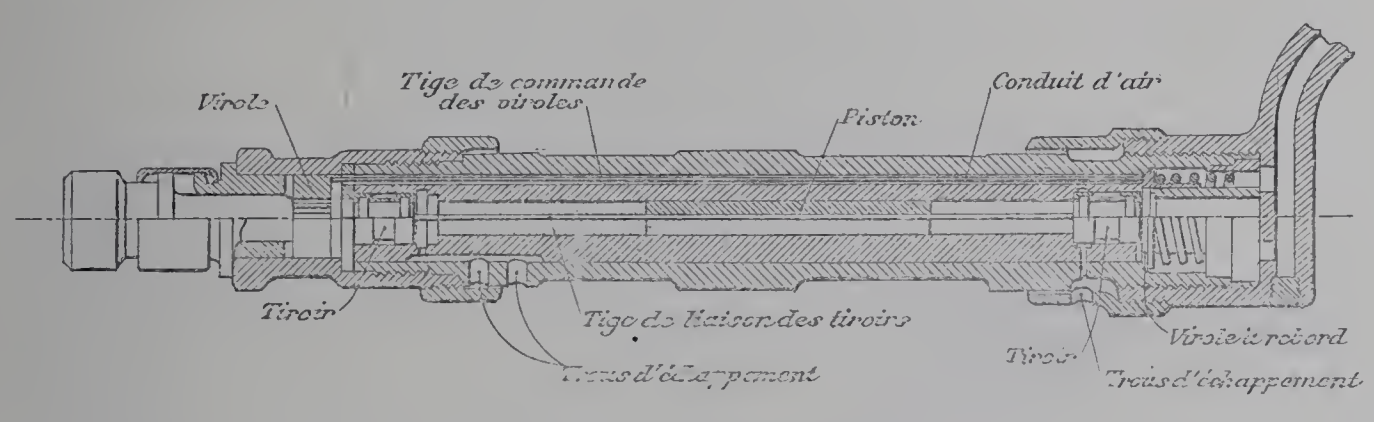


Fig. 217. — Coupe du marteau à longue course «Boyer».
Les pièces intérieures coupées au-dessus de l'axe. — Les pièces intérieures pleines au-dessous de l'axe.

mission et l'échappement avant et arrière; leur mouvement est produit par la compression de l'air aux deux extrémités du cylindre.

Dans cet appareil, il ne suffit pas de faire jouer la soupape de la poignée pour mettre l'appareil en marche. Une virole munie d'un rebord qu'un ressort peut chasser en avant ferme d'une façon permanente les orifices d'admission avant et arrière; pour les ouvrir, il faut appuyer sur le rivet la bouterolle qui, par l'intermédiaire de deux tiges masquées dans la paroi, fait reculer la virole en comprimant le ressort à boudin et ouvre les orifices. Cette disposition a pour but d'éviter la projection de la bouterolle dans le cas où l'ouvrier ferait jouer la soupape avant d'avoir assuré son marteau sur le rivet.

Les *riveuses à cadre* sont formées par la liaison d'un marteau à action percutante et d'un tas, au moyen des branches d'un cadre en col de cygne, qui porte généralement des crochets de suspension permettant de le placer dans une position convenable. Ces riveuses fonctionnent, comme les marteaux, par percussion, au moyen d'un piston qui frappe sur la bouterolle. Lorsque le tas est fixe dans le cadre, le cylindre porte-marteau

C. F. E.

a un déplacement à la main ou automatique pour permettre l'éloignement ou le rapprochement de la bouterolle. Si le tas est pneumatique, le cylindre porte-marteau est fixe et le tas chasse le rivet sur le marteau.

Perceuses. — Les perceuses pneumatiques permettent d'effectuer sur place, sans déplacer les objets à assembler, les opérations de perçage et d'alésage; ce genre d'appareils peut être également employé avec avantage pour le mandrinage des tubes, le nettoyage des fontes, le meulage des surfaces, pour toutes les opérations qui, en un mot, exigent la rotation d'un outil; on les fait depuis les plus faibles puissances jusqu'à 2 et 3 chevaux, et la pression de l'air nécessaire pour les actionner varie de 4 à 5 kilogrammes. Elles utilisent l'air comprimé au moyen de cylindres moteurs à simple ou à double action; mais celles qui étaient exposées étaient toutes à simple effet; les cylindres sont quelquefois fixes (Petit Géant, Q. and C.), d'autres fois oscillants (Boyer) et la pression de l'air peut agir sur le piston intérieurement au cylindre (Petit Géant) ou extérieurement (Q. and C., Boyer).

Dans la perceuse Petit Géant, le moteur est constitué par quatre cylindres à simple effet, disposés par paire, chaque paire de pistons se trouvant attelée à 90 degrés aux extrémités opposées d'un axe à double coude. Chacun des pistons de chacune des paires travaille dans une direction opposée à celle de l'autre piston, disposition qui a pour effet d'assurer au moteur une marche aussi exempte que possible de vibrations; l'arbre coudé travaille dans un espace clos, qui est en libre communication avec le fond des cylindres, et peut se remplir d'huile et par conséquent lubrifier tous les organes de l'appareil. L'admission et l'échappement de l'air sont assurés au moyen de deux distributeurs cylindriques équilibrés. Le mouvement est transmis de l'arbre coudé au porte-foret par un train d'engrenages et l'avance a lieu par vis et écrou. L'une des poignées de l'appareil contient la valve d'admission et le raccord pour le tuyau d'admission d'air; en la tournant soit à droite, soit à gauche, on règle la vitesse. Lorsque la perceuse est appliquée au travail du bois, elle est pourvue d'un appareil de changement de marche qui permet d'extraire instantanément la tarière, en changeant le sens de rotation de l'outil.

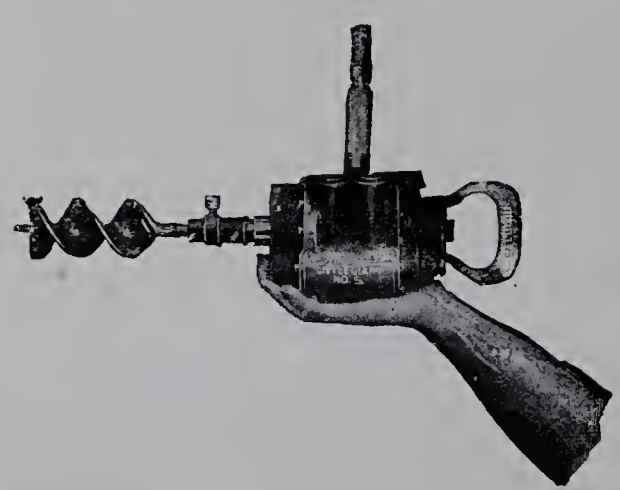


Fig. 218. — Perceuse «Petit Géant».

La perceuse «Q. and C.» se compose également de quatre cylindres à simple effet, mais placés parallèlement et travaillant deux par deux sur des arbres manivelles dont les boutons sont à 180 degrés l'un de l'autre. Ces arbres sont reliés par un engrenage intermédiaire de diamètre plus grand destiné à ralentir la vitesse, et l'engrènement est disposé de telle façon que les pistons agissent comme s'ils produisaient leur effort sur un arbre unique avec quatre manivelles calées à 90 degrés. L'arbre intermédiaire porte

un pignon qui commande une grande roue dentée, montée directement sur l'axe porte-foret. La distribution de l'air est faite par deux petits tiroirs à piston, chacun d'eux faisant la distribution pour deux cylindres.

Fig. 219. — Perceuse «Q. and C.».

Dans la perceuse Boyer, le corps de l'appareil se compose de deux chambres séparées par un diaphragme qui les isole complètement l'un de l'autre; la première contient le moteur et est en communication directe avec l'arrivée de l'air, la deuxième contient le train d'engrenages réducteurs et sert aussi de chambre d'échappement dans laquelle l'air passe après avoir fait son travail. Le moteur se compose de trois cylindres horizontaux (fig. 221) dont les fonds sont articulés autour de pivots formant distributeurs pour chaque cylindre et portés par un bâti spécial en forme d'étoile à trois branches; ce bâti peut tourner autour de son centre en entraînant l'ensemble des trois cylindres, en même temps que les tiges des pistons peuvent tourner autour d'un axe excentré par rapport à celui du bâti en étoile et constitué par le coude d'un arbre fixé à l'enveloppe de l'appareil.

Lorsque l'air est admis à l'intérieur de la boîte, il passe à travers les valves pivots, qui sont en position convenable, et exerce une pression sur la face intérieure du piston de même que sur l'extérieur; il y a donc équilibre. Les valves pivots sont toutefois disposées de façon qu'il y en ait toujours une d'ouverte pour l'échappement; l'équilibre se trouve donc détruit pour le piston correspondant, et ce piston serait poussé dans le

cylindre, s'il pouvait se déplacer; mais comme il ne peut avancer, sa tige étant reliée à l'arbre coudé fixe, c'est le cylindre lui-même qui vient sur le piston, ce qu'il ne peut réaliser qu'en faisant tourner le cadre radial auquel il est attaché. Le bâti ayant ainsi

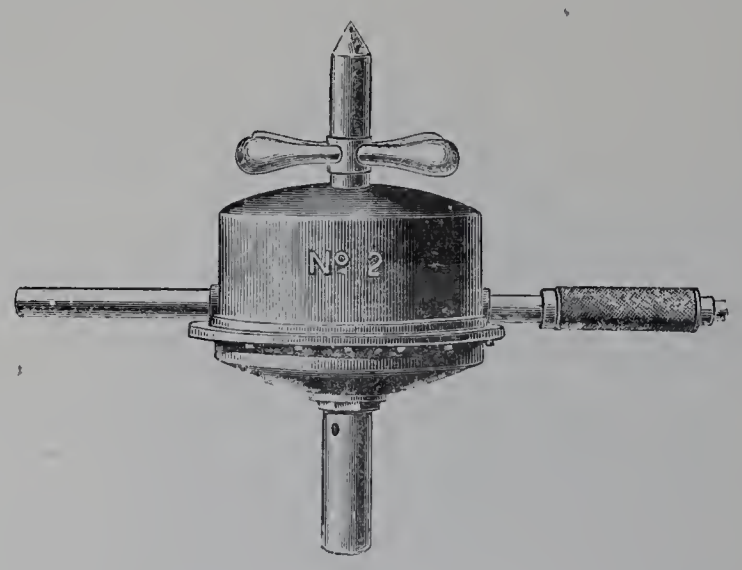


Fig. 220. — Perceuse «Boyer».

tourné sur son axe et les cylindres étant guidés comme direction par leurs pistons qui tournent autour d'un axe excentré par rapport à celui du bâti, il s'ensuit une légère oscillation des cylindres sur leurs pivots, et la position d'ouverture de la valve est changée.

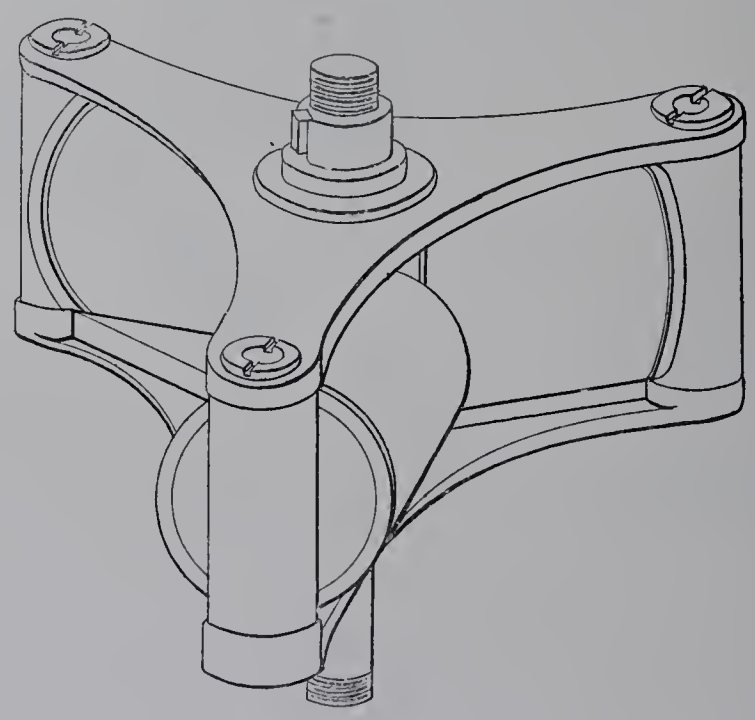


Fig. 221. — Vue perspective du cadre rotatif portant les cylindres et leurs pivots-valves.

De cette façon, chaque cylindre est successivement ouvert pour l'échappement, et le mouvement se continue avec une vitesse qui dépend naturellement de la pression de l'air dans la chambre.

Une prolongation du cadre radial dans la chambre d'échappement porte un pignon engrenant avec un train de roues épicycloïdal, qui réduit la marche et transmet la rotation à l'arbre porte-foret; la vitesse du foret est déterminée par la quantité d'air admise

dans le moteur; cette quantité d'air est réglée par la manœuvre d'une valve disposée sur une des poignées qui servent à tenir la machine.

Appareils de levage. — L'emploi de l'air comprimé a été étendu aux appareils de levage par les différents constructeurs dont nous avons précédemment parlé. Les appareils en question peuvent s'installer à demeure, au-dessus des machines-outils, ou se monter sur des trolleys, pour s'employer à l'endroit même où la nécessité s'en fait sentir.

La Q. and C. exposait un palan pneumatique qui se compose essentiellement d'un cylindre dans lequel se meut un piston garni de cuir; la tige du piston porte à son extrémité un crochet et glisse dans une plaque en acier percée d'un trou un peu plus grand que son diamètre; la plaque peut être maintenue horizontalement ou tomber obliquement, de telle façon que le trou se présente obliquement lui-même par rapport à la tige et la bloque en faisant frein. La manœuvre d'un robinet d'air fait fonctionner la plaque, mais ne la redresse qu'après que la conduite d'air a été ouverte d'une quantité suffisante pour soulever légèrement le piston.

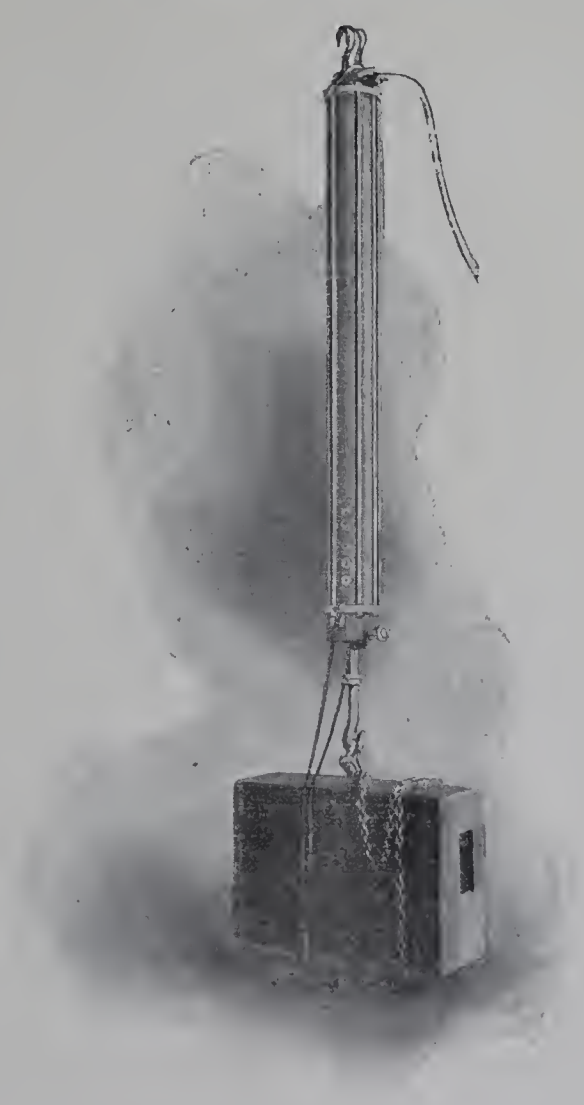


Fig. 222. — Palan pneumatique «Q. and C.».

Une grue construite par la Chicago Pneumatique Tool est constituée par un bâti en forme de tube, dans lequel se trouve disposé un vérin qui peut recevoir l'air sous pression de chaque côté du piston. Cet air est amené dans le vérin au moyen d'un robinet à trois voies; par la manœuvre d'une poignée, on le fait agir sur la face supérieure du piston pour produire le levage, ou sur la face inférieure du piston avec échappement au-dessus pour faire descendre le crochet, ou encore on peut placer la poignée dans une position centrale et maintenir le vérin en équilibre. Le mouvement de rotation de la plate-forme s'obtient également par la manœuvre d'un vérin dont la tige est terminée par une crémaillère qui vient s'engrener sur la couronne dentée calée sur le pivot; la commande de ce vérin se fait au moyen d'une poignée comme celle du vérin de levage.

CHAPITRE XV.

MATÉRIEL D'AJUSTAGE, DE TRAÇAGE, DE MESURE, DE VÉRIFICATION ET D'ESSAI DE MATIÈRES.

Matériel d'ajustage et de traçage. – Matériel de mesure et de vérification : 1° Instruments vérificateurs de direction, vérificateur optique des lignes et des surfaces (système du capitaine C. Dévé); 2° Instruments vérificateurs de dimensions : *a*, instruments de vérification; *b*, instruments de mesure; *c*, instruments de comparaison, petit micromètre à friction (Bariquand et Marre), comparateur Reinecker, comparateur Pratt et Whitney, comparateur Brown et Sharpe, comparateur Bariquand et Marre, tables de correction. – Machine à essayer les métaux.

MATÉRIEL D'AJUSTAGE ET DE TRAÇAGE.

Nous signalerons tout d'abord les belles vitrines de limes que présentaient, en France, M. Aubert, et, en Suisse, les usines métallurgiques de Vallorbe.

Nous rappellerons, à ce sujet, les tentatives qui ont été faites depuis longtemps pour tailler mécaniquement les limes, et nous citerons la machine système Zenses, que M. Despaigne exposait dans la Section Belge. L'enclume est mobile; elle est en forme de segment, logée dans une glissière de forme correspondante, et se déplace sur un chemin incliné; elle est reliée à un levier qui, à l'extrémité opposée, porte un galet qui roule sur un gabarit, présentant entièrement la forme de la lime à tailler et pouvant être facilement remplacé. Cette disposition fait que l'enclume portant la lime est balancée automatiquement pendant la frappe de celle-ci, et présente, d'après le constructeur, un certain nombre d'avantages relatifs à la régularité et à la correction de la taille.

Les quelques étaux d'ajusteurs, qui étaient exposés, témoignent de l'effort des industriels en vue d'un serrage rapide des pièces : dans les étaux à main « Billings », les mors se déplacent parallèlement à l'aide d'une vis à deux pas contraires; de plus, l'appareil à main se transforme facilement en étau d'établi. M. Parkinson fait engrener la vis avec un demi-écrou qui peut se débrayer par un mouvement d'excentrique, de façon à permettre l'approche rapide du mors mobile à la main; la Prentiss Vise Company fait des étaux avec écrous en deux pièces, qu'on engage avec la vis sans fin ou qu'on dégage par le simple mouvement d'une tige; la même maison construit des étaux à mâchoire postérieure mobile pour le serrage des pièces de forme quelconque; cette mâchoire peut d'ailleurs être rendue fixe par l'introduction d'une broche et l'étau devient alors un simple étau parallèle, etc.

Les constructeurs avaient généralement réuni dans une même vitrine le matériel de traçage, de mesure et de vérification qu'ils présentaient; avant d'aborder l'étude détaillée des appareils les plus nouveaux et les plus intéressants, nous signalerons d'une façon

toute particulière les expositions d'ensemble de MM. Bariquand et Marre en France, de la maison Ducommun et de M. Reinecker en Allemagne, de MM. Brown et Sharpe et de MM. Pratt et Whitney aux États-Unis.

Le matériel de traçage comprend des marbres et des collections de règles, mètres, doubles mètres, équerres, compas, trusquins, etc.

Nous mentionnerons le trusquin à rappel par vis tangente de M. Huré, les trusquins à tige verticale ou inclinable de MM. Brown et Sharpe, dans lesquels la genouillère de la pointe à tracer est maintenue sur la tige par une friction à ressort avec écrou de bloquage, et dont la pointe peut alors être manœuvrée graduellement au moyen d'une vis molettée, les trusquins à tige verticale de la Starret Company, dans lesquels le réglage est obtenu au moyen d'un écrou moletté, placé à la base de la tige et combiné, dans un des modèles, avec un micromètre gradué en millièmes de pouce, les trusquins universels à tige inclinable Starrett, dans lesquels le pied oscillant est logé dans une rainure et reçoit en dessous, à une de ses extrémités, l'action d'une vis de réglage, et à l'autre, l'action d'un fort ressort, etc. D'une façon générale, les constructeurs ont cherché à obtenir par un moyen simple, mais précis, le déplacement de la pointe.

MM. Brown et Sharpe et la Starett Company construisent des rapporteurs d'angle universels qui présentent de nombreuses applications, chaque fois qu'il s'agit de tracer ou de relever un angle.

MATÉRIEL DE MESURE ET DE VÉRIFICATION.

Nous avons vu les progrès qui ont été réalisés de toutes parts dans l'outillage mécanique et les efforts qui ont été faits pour en augmenter la précision; grâce aux résultats obtenus, on peut arriver à produire en travail courant, sans retouche à la main, des pièces interchangeables, c'est-à-dire des pièces dans lesquelles toutes les dimensions sont exécutées d'après un plan indiquant le maximum et le minimum qui conviennent à chaque cote. Mais les conditions auxquelles doit satisfaire la pièce et qui permettent d'assurer son fonctionnement ou sa liaison avec les objets qu'elle doit recevoir ou sur lesquels elle doit être montée, ne laissent souvent, comme tolérances, que des centièmes de millimètres; la première condition, pour obtenir la précision qu'on recherche, est donc d'avoir le moyen de la vérifier d'une façon sûre et absolue, en partant d'un étalon unique, non seulement dans l'atelier, mais dans les différents ateliers qui, à un titre quelconque, concourent au résultat à obtenir; cet étalon unique chez les peuples qui ont adopté le système métrique est le *mètre international*.

Les éléments à assurer dans l'exécution des pièces mécaniques interchangeables sont les dimensions et les positions relatives de leurs lignes et de leurs surfaces; de là résultent deux classes d'instruments vérificateurs, les uns pour la direction, les autres pour les dimensions.

Dans la fabrication des pièces mécaniques, l'élément de direction est surtout assuré par un bon réglage des machines qui les produisent; or les mouvements relatifs des

machines, groupés en vue du travail à obtenir, sont le résultat de combinaisons de mouvements simples réalisés par des organes dans lesquels la rectitude des lignes et des plans, le parallélisme, la perpendicularité et la concentricité des lignes et des surfaces jouent le rôle le plus important. Il est donc indispensable, pour obtenir une bonne exécution de ces organes mécaniques, d'avoir des instruments précis, qui permettent de les établir et de les vérifier.

Les vérificateurs des dimensions servent, les uns à la vérification dans les limites fixées, sans donner de mesure, les autres au contraire à la mesure des dimensions vérifiées.

Les premiers s'appliquent surtout à la vérification des pièces interchangeables fabriquées en série : pour la vérification d'une dimension importante, ils se rapportent à deux cotes, l'une maxima, l'autre minima, dont la différence est limitée par les exigences d'un bon fonctionnement. Toutefois ils ont besoin d'être contrôlés par des instruments de mesure et leur vérification se ramène le plus souvent à la comparaison de broches-étalons.

Les seconds, d'un emploi moins rapide, ont cependant sur les premiers la supériorité qu'ils indiquent la valeur de la dimension prise; ils font donc connaître l'écart de cette dimension et de la cote et, par suite, s'il y a lieu, la valeur de la retouche à opérer. Ils s'appliquent surtout aux opérations de réglage ou à la mesure des pièces qui sont fabriquées en petite quantité; à l'occasion, ils servent à la vérification des premiers dans les limites de la précision qu'ils comportent eux-mêmes.

Finalement les uns et les autres doivent être comparés à l'unité de mesure, à l'aide d'instruments permettant de comparer les mesures à bouts ou les mesures à traits, ou mieux les unes et les autres à un étalon dont on connaît l'erreur par rapport à l'étalon international.

Il résulte de ce qui précède que les différents instruments vérificateurs peuvent être classés dans les catégories suivantes :

1° Instruments vérificateurs de direction;

2° Instruments vérificateurs de dimensions et parmi ceux-ci :

a. Instruments de vérification;

b. Instruments de mesure;

c. Instruments de comparaison.

Nous allons successivement passer en revue, dans chaque groupe, les exemples intéressants que nous fournit l'Exposition.

1° INSTRUMENTS VÉRIFICATEURS DE DIRECTION.

Les instruments vérificateurs de direction comprennent d'abord le matériel de traçage dont il a été précédemment question, règles, marbres, trusquins, etc.

Les trusquins micromètres, avec amplification des déplacements de la touche, permettent de vérifier la concentricité ou le parallélisme de deux lignes ou de deux surfaces

(Bariquand et Marre, Brown et Sharpe). L'appareil de MM. Bariquand et Marre se compose de deux leviers au $\frac{1}{10}$ disposés en série, de telle sorte que la touche du premier prend contact sur la surface à vérifier et l'extrémité du second, formant aiguille, indique sur un cadran les déviations du premier en les amplifiant 100 fois.

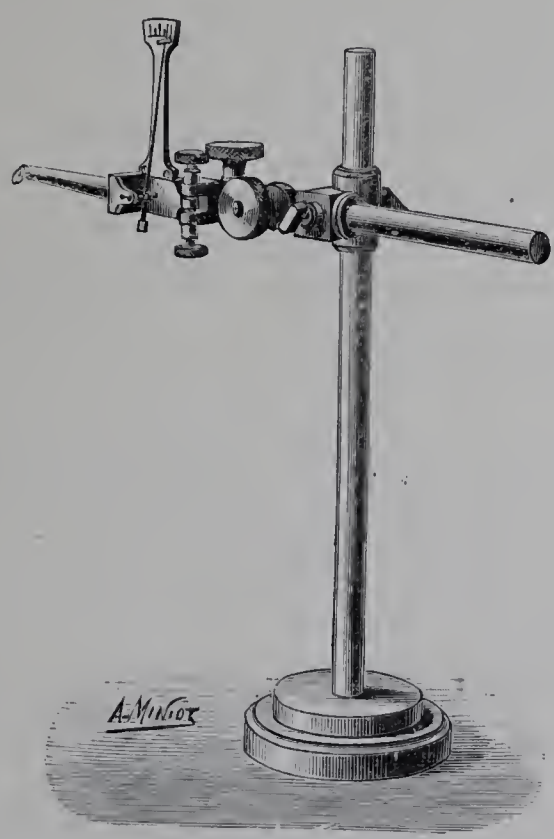


Fig. 223. — Trusquin-micromètre (Bariquand et Marre).

L'amplificateur des mêmes constructeurs, basé, comme le trusquin-micromètre, sur la multiplication des déplacements d'une touche, est surtout employé pour vérifier la perpendicularité de deux directions ou leur parallélisme. L'instrument est monté sur une

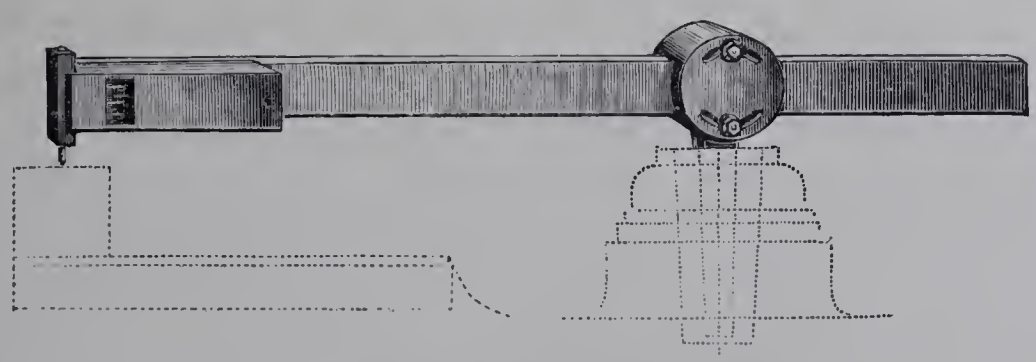


Fig. 224. — Amplificateur (Bariquand et Marre).

règle qui peut coulisser dans une articulation et a ainsi un réglage longitudinal et un réglage angulaire; l'articulation porte une tige qui se place dans l'axe à vérifier.

Vérificateur optique des lignes et des surfaces (Système du capitaine C. Dévé). — MM. Bariquand et Marre construisent, avec la collaboration de M. Jobin pour la partie optique, un appareil dont le but principal est la vérification optique de la recti-

tude des lignes droites et des plans. L'instrument en question a été établi sur les données du capitaine C. Dévé, et fait partie d'une série de vérificateurs que ce dernier a imaginés d'abord pour vérifier le dressage des canons de fusil, puis le parallélisme et la perpendicularité de certaines surfaces rentrant dans la confection du matériel d'artillerie.

Le modèle exposé est disposé en vue d'un usage général et permet de vérifier à la fois la rectitude et le parallélisme; il comprend :

1° Une lunette autocollimatrice à longue portée;

2° Un support de lunette à déplacements parallèles;

3° Divers accessoires (chariots porte-miroirs, supports divers, etc.).

Le principe sur lequel repose la vérification de la rectitude est celui de l'autocollimation, que nous croyons utile de rappeler.

Principe de l'autocollimation. — Soit F un point du plan focal d'une lunette; ce point, que nous supposons éclairé d'une façon quelconque, émet des rayons qui, à la sortie de l'objectif, forment un faisceau parallèle.

Si ces rayons sont reçus sur un miroir plan et normal au faisceau, ils reviennent sur eux-mêmes et forment une image de F superposée au point lumineux lui-même (fig. 225); si le miroir fait un petit angle α avec la direction du faisceau (fig. 226), le faisceau est dévié d'un angle 2α, mais il reste parallèle et forme, par conséquent, dans le plan focal, une image F′ telle que l'angle F′OF soit égal à 2α.

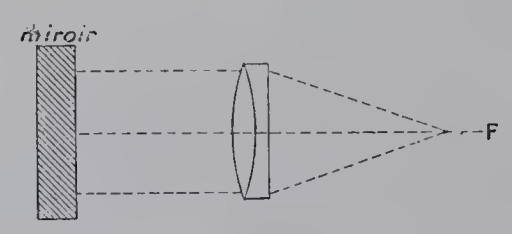


Fig. 225.

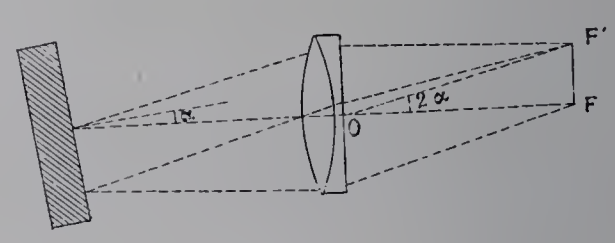


Fig. 226.

Autrement dit, quand le miroir tourne d'un angle α, l'image, tout en restant dans le plan focal, tourne d'un angle 2α autour du centre de l'objectif. Ce que nous venons de dire étant indépendant de la distance du miroir, il est évident que si le miroir s'éloigne en restant parallèle à lui-même, l'image F′ sera immobile; si, au contraire, le miroir, en se déplaçant, s'incline légèrement dans un sens ou dans un autre, on observera un déplacement de l'image qui traduira les variations d'inclinaison du miroir, mais, dans tous les cas, la mise au point de la lunette ne devra pas être modifiée.

Supposons maintenant que le miroir soit monté sur un chariot mobile le long d'une règle, le chariot suivra toutes les sinuosités de la règle, et les différentes pentes se liront dans la lunette par les déplacements de l'image. Du relevé des pentes successives, on déduira la forme de la règle.

Lunette autocollimatrice à longue portée. — Les lunettes autocollimatrices à réticule

éclairé ne donnent qu'une image très petite et vague, dès que le miroir sur lequel est dirigé l'instrument se trouve un peu éloigné; cet inconvénient résulte de la quantité insuffisante de lumière renvoyée dans la lunette et des moindres imperfections du miroir qui produisent de la dispersion. Les lunettes autocollimatrices comportant comme objet lumineux un petit trou percé dans un écran situé dans le plan focal de l'objectif ne donnent plus aucune image dès que le miroir est éloigné de quelques mètres; à cette distance, en effet, l'image, pour être visible, doit se former très près de l'objet; elle est alors complètement masquée par l'écran.

La lunette du capitaine Dévé permet d'employer, comme objet lumineux, un petit trou dans un écran situé dans un tube éclaireur latéral et de faire autocollimation à une distance quelconque, pratiquement à 10 ou 20 mètres avec une lunette de 0 m. 40 de focale. La lumière diffuse du ciel, ou une lampe quelconque placée à quelques centimètres du tube éclaireur, suffisent parfaitement à l'éclairage de l'écran.

Une lame inclinée est interposée dans le corps de lunette en face du tube éclaireur, mais cette lame, sous peine de donner deux images, doit être infiniment mince; la lame réfléchissante employée est une lame d'air AB d'environ 0 mm. 1 comprise entre deux prismes ABC et ABDE (fig. 227). Les faces CB et AE sont parallèles; la face DE normale au tube éclaireur est symétrique de la face CB par rapport à la lame mince.

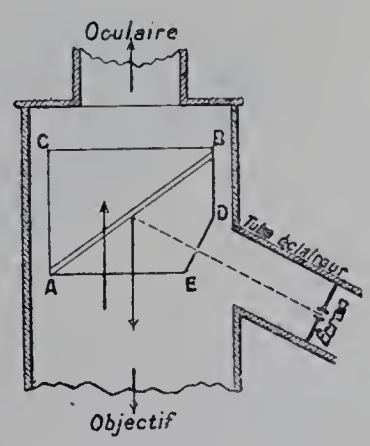


Fig. 227.

Grâce à ces dispositions, les rayons qui traversent le prisme et ceux qui se réfléchissent sur la lame mince ne subissent aucune décomposition, et les images observées sont parfaitement achromatiques, si l'on a eu soin d'achromatiser le système prisme-objectif. L'inclinaison de la lame mince a été calculée de façon à obtenir le maximum d'intensité lumineuse des images observées, tout en évitant la réflexion totale.

Cette lame n'a pas ses faces rigoureusement parallèles; elles font entre elles un angle très petit, de façon à superposer les deux images dans le sens de l'axe de la lunette; cet artifice permet de donner à la lame une épaisseur assez grande pour éviter les franges d'interférences qui communiqueraient leurs colorations aux images.

La monture de la lunette est constituée de la façon suivante :

Sur le corps de la lunette est soudé un disque qui s'emboîte dans une plaque verticale triangulaire A (fig. 228), dans laquelle elle est maintenue par trois oreilles avec vis de serrage. Les vis étant desserrées, la lunette peut tourner sur elle-même; ce mouvement permet de diriger le tube éclaireur vers une lumière fixe, vers une fenêtre ou vers le ciel, de façon à obtenir l'éclairage le plus favorable.

La plaque triangulaire porte les organes qui permettent de faire varier l'inclinaison de la lunette et, par conséquent, de ramener les images observées au centre du réticule. Elle est fixée par trois points contre une autre plaque B de laiton portée par le pied de l'instrument. Au-dessous de la lunette, un pivot sphérique repose dans une crapau-

IMPRIMERIE NATIONALE.

dine conique. Deux vis munies de tambours gradués sont appuyées contre la plaque B par deux ressorts à boudin, qui sollicitent les plaques A et B l'une vers l'autre; l'une des vis a sa pointe calée dans une rainure pratiquée dans un grain en acier, l'autre vis repose simplement sur un grain plan en acier. Les deux vis forment avec le pivot un

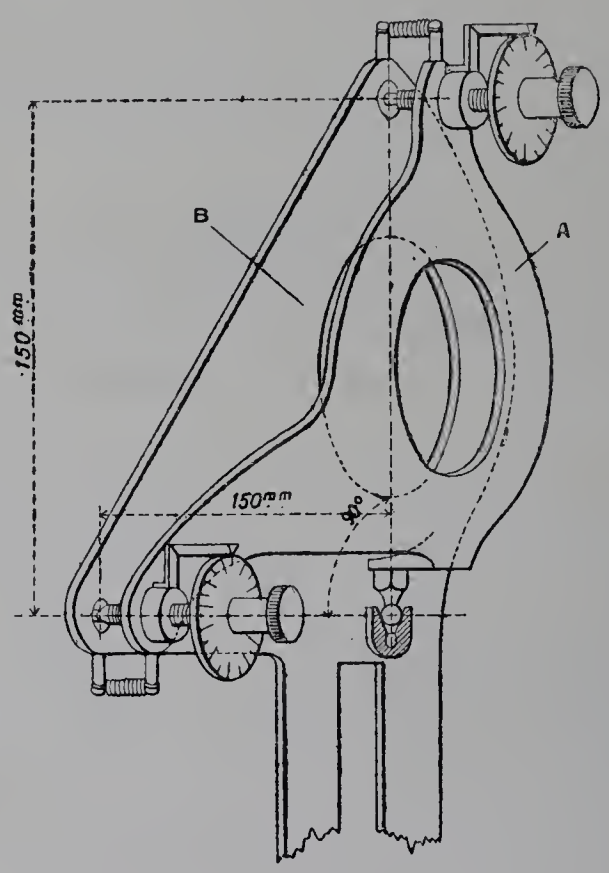


Fig. 228.

triangle rectangle isocèle, en sorte que les vis produisent sur l'image, pour une même fraction de tour, des déplacements rectangulaires égaux. Les tambours divisées en cent parties mesurent les variations angulaires de la lunette; chaque division correspond à tangente $= \frac{1}{25000}$. Ce dispositif supprime tout jeu et tout temps perdu des vis; il n'occasionne ni torsion ni flexion des organes.

Support de lunettes à déplacements parallèles. — Lorsqu'on se propose simplement la vérification de la rectitude, on peut se contenter de fixer la plaque B dont il vient d'être question sur un pied massif en fonte à l'aide d'un écrou à oreilles et d'une pièce qui permet un coulissement vertical et horizontal de la plaque par rapport au pied, de manière à amener facilement la lunette en face du miroir (fig. 229).

Dans le modèle exposé, qui permet la vérification à la fois de la rectitude et du parallélisme, la lunette est montée sur un support comportant une translation horizontale et une translation verticale d'environ 0 m. 25 d'amplitude, permettant en outre de déplacer la lunette parallèlement à elle-même pour l'amener en face des différentes lignes ou surfaces dont on veut vérifier le parallélisme. Ces déplacements sont obtenus d'une façon rigourement parallèle par le dispositif suivant (fig. 230) :

Un chariot A coulisse horizontalement en s'appuyant par deux coussinets sur un arbre

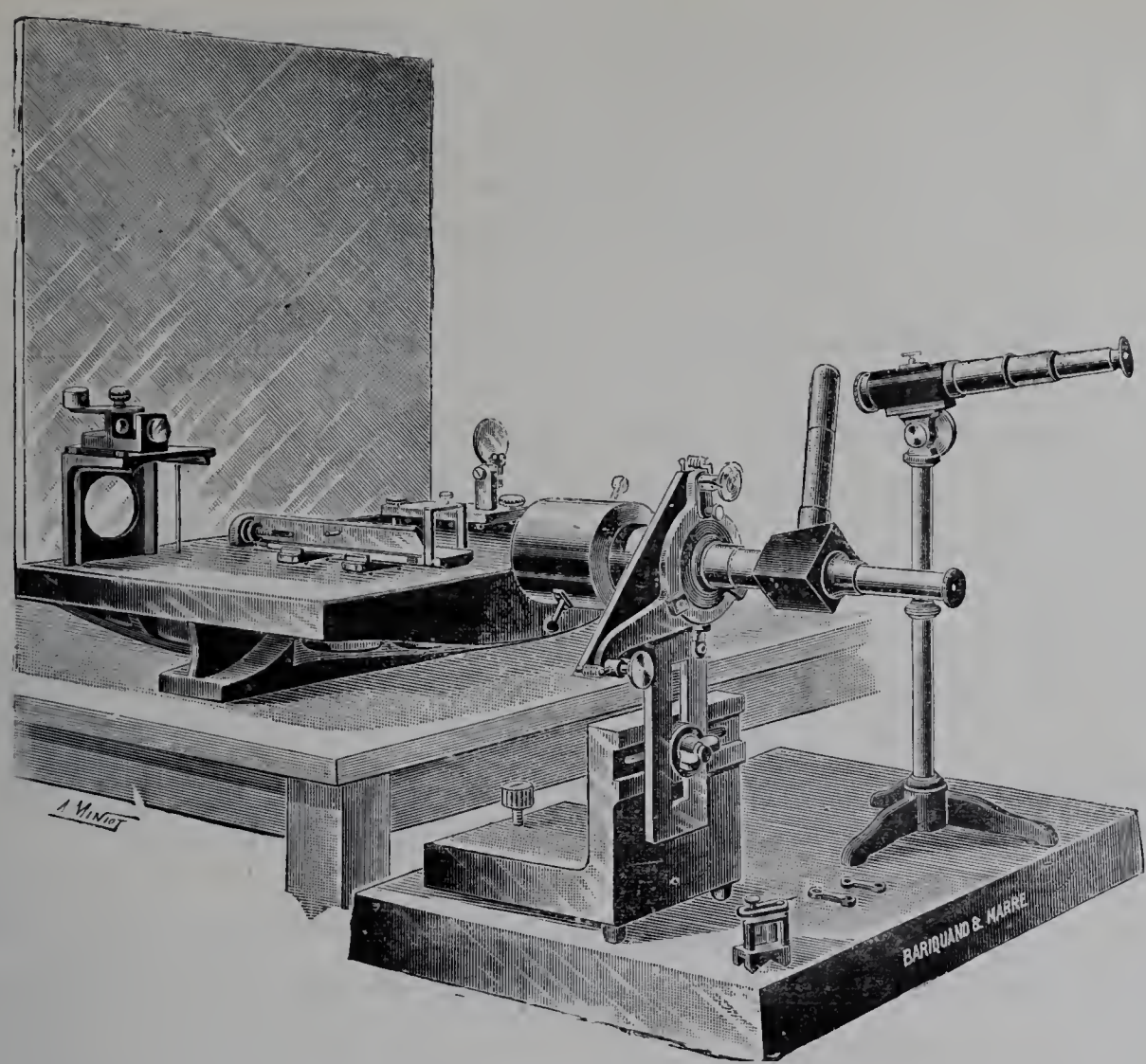


Fig. 229. — Support de lunette pour la vérification de la rectitude et accessoires divers : chariots à miroir, équerre à trois dimensions, lunette pour la détermination des lignes virtuelles

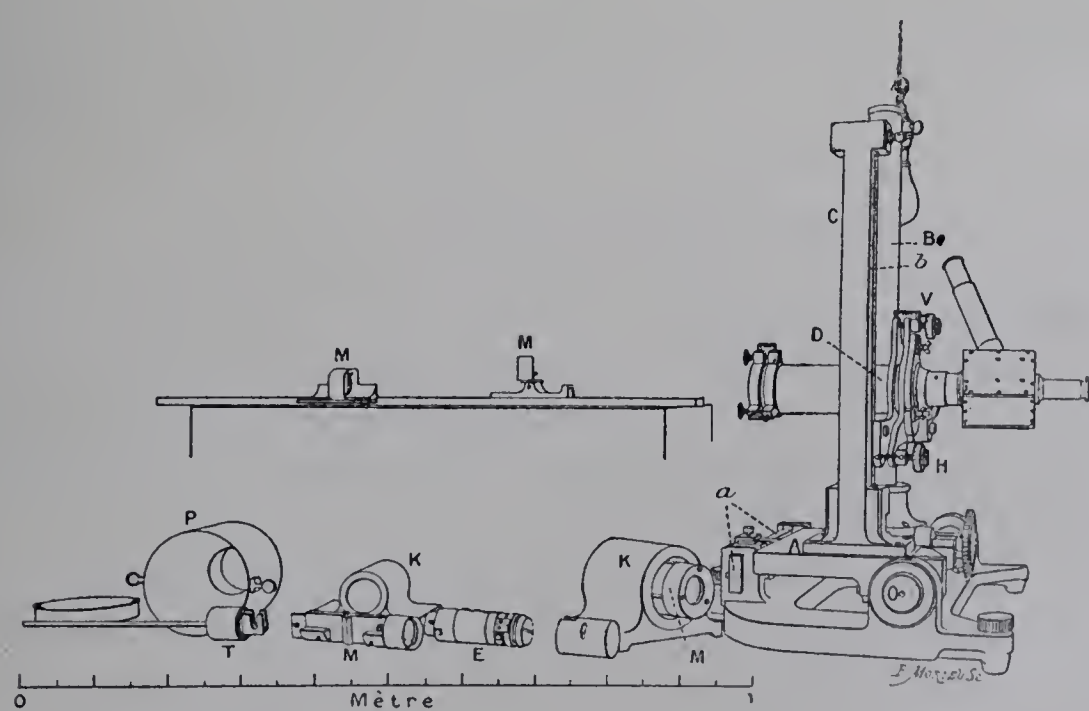


Fig. 230. — Support de lunette à déplacements parallèles pour la vérification de la rectitude et du parallélisme, et accessoires. — *Légende :* M, M, chariots divers à miroir; E, étoile mobile; K, K, jauges de réglage, P, couvre-objectif démonté et son chercheur.

horizontal O, et par une pointe mousse sur la tranche d'une règle en acier *a*. Le chariot A porte une colonne B et un pilier C contre lequel est logée une règle verticale *b*. Un plateau D coulisse verticalement en s'appuyant sur la colonne et sur la règle verticale; une crapaudine, rapportée dans le bas du plateau, supporte tout le poids de la lunette, et deux vis calantes à tambours gradués V et H mesurent les petits mouvements angulaires horizontaux et verticaux qu'il faut imprimer à la lunette pour suivre l'image quand le miroir mobile indique un défaut de rectitude ou de parallélisme. Pour régler le parallélisme des déplacements verticaux, on vise dans la lunette un fil à plomb éloigné et l'on agit sur la règle *b*, soit en variant son inclinaison, soit par des retouches locales, jusqu'à ce que le pointé suive exactement le fil à plomb pendant toute la course que peut faire la lunette du haut en bas de la colonne. On règle le parallélisme des déplacements horizontaux en agissant de la même manière sur la règle *a*, de façon qu'un niveau sensible, placé sur le chariot A normalement à la règle, reste horizontal pendant toute la course que peut faire le chariot de la droite à la gauche de l'appareil. Après les retouches, la règle *a* n'est plus droite, mais son profil rachète toutes les flexions produites par le poids des chariots et de la lunette dans toutes les positions possibles.

Accessoires divers et vérifications. — Les chariots porte-miroir qui servent à *vérifier les lignes droites* sont d'ordinaire des pièces métalliques reposant sur quatre pieds en acier trempé et surmontées d'un contre poids en porte-à-faux qui assure l'appui sur deux des pieds latéraux; les deux pieds d'appui sont ceux qui doivent suivre la ligne droite à vérifier, lorsque cette ligne est tracée sur un plan à peu près horizontal; le troisième point d'appui est l'un ou l'autre des deux autres pieds latéraux; il résulte de cette disposition que, lorsque le chemin suivi par le chariot monte ou descend, les rotations du chariot s'effectuent toujours autour d'axes perpendiculaires au cheminement; ce sont ces rotations successives qu'on doit observer et mesurer avec la lunette autocollimatrice. Le miroir est collé dans un alvéole ménagé sur la face antérieure du chariot; il est établi normalement aux lignes d'appui du chariot.

La *vérification* optique des *surfaces planes* (marbres d'atelier) dérive immédiatement de la vérification de la ligne droite. Le principe consiste : 1° à déterminer avec toute la précision possible les cotes de quatre points donnés aux quatre coins du marbre, en se rapportant à un plan de référence convenablement choisi; 2° à relever le nivellement d'un certain nombre de transversales dont les cotes extrêmes ont été trouvées par le nivellement du rectangle.

Dans la *vérification de la rectitude d'un trou cylindrique,* il est utile que le miroir soit norm aux surfaces d'appui. Toutefois, quand les dimensions du trou sont petites, il est difficile d'organiser le chariot en vue de ce réglage; il est plus avantageux de guider le chariot par une tringle qui l'empêche de tourner sur lui-même. C'est par un dispositif de ce genre qu'on peut vérifier le dressage des canons de fusil.

Enfin, pour vérifier optiquement le *parallélisme de deux lignes* ou *surfaces,* le procédé

consiste à transporter la lunette autocollimatrice parallèlement à elle-même pour l'amener successivement dans le prolongement des deux lignes ou surfaces dont il s'agit; plaçant alors le chariot à miroir sur chaque élément, le pointé de la lunette doit être le même dans les deux positions, si les lignes ou surfaces sont parallèles; dans le cas contraire, l'écart de pointé mesure le défaut de parallélisme.

Les instruments dont nous venons de nous occuper permettent d'effectuer avec précision des vérifications qui auparavant ne pouvaient se faire que difficilement et imparfaitement, en particulier la mesure des défauts de rectitude des lignes et des surfaces; dans la fabrication des armes portatives notamment, le soin de la vérification du dressage des canons était laissé au praticien, qui, après un long apprentissage, arrive à reconnaître la rectitude de l'âme en examinant la réflexion d'une bande noire par la surface intérieure, alors qu'aujourd'hui, grâce à l'appareil du capitaine Dévé, toute personne peut se rendre compte, pour ainsi dire, sans apprentissage, de l'état de l'intérieur d'un canon.

Le parallélisme et la perpendicularité des lignes et des surfaces se mesurent souvent, il est vrai, avec une précision suffisante à l'aide d'équerres, de règles et de trusquins amplificateurs, dont il a été précédemment question, mais ces procédés simples peuvent se trouver en défaut, spécialement quand les lignes et surfaces sont très courtes, qu'elles ne sont pas placées les unes à côté des autres ou qu'elles ne sont déterminées que par leurs traces sur d'autres plans, etc.

On peut donc considérer l'emploi de ces appareils comme susceptible d'apporter une précision nouvelle dans la fabrication des machines et par suite dans la confection des objets, et nous terminerons en rappelant que c'est grâce à eux que le Congrès international de mécanique appliquée, en 1900, a pu émettre le vœu que les règles et les marbres, vendus comme instruments de précision, devraient porter certaines indications relatives à la précision de leur établissement[1].

2° INSTRUMENTS VÉRIFICATEURS DE DIMENSIONS.

a **Instruments de vérification.** — Dans cette catégorie rentrent les broches-étalons, les calibres fixes, les calibres circulaires, les jauges à friction, les calibres pour fabrications, les types de filetages, etc.

Nous citerons d'une façon particulière les broches-étalons et les jauges à friction qui se règlent sur ces dernières (Bariquand et Marre), les calibres à écartement variable (Reinecker), les jauges extensibles pour mesures intérieures (Starrett, Pratt et Whitney) et enfin différents types de filetages, le plus souvent du système français, qui a précédé de très peu le système international, et qui, comme nous l'avons vu, s'en rapproche sensiblement.

[1] Voir, pour plus de détails sur ces appareils, le *Bulletin de la Société d'encouragement* de juillet 1899.

b **Instruments de mesure.** — Les instruments de mesure comprennent les règles diverses, les mètres-étalons, les mesures métriques à coulisse avec vernier, les pieds à coulisse et les mesures à vis, les palmers, etc.

MM. Brown et Sharpe construisent un pied à coulisse à deux graduations perpendiculaires l'une à l'autre, disposé pour mesurer l'épaisseur des dents d'engrenages à la circonférence primitive, en prenant pour point de départ la circonférence extérieure que l'on peut toujours tourner exactement aux dimensions calculées, surtout si l'on adopte le système des pas diamétraux.

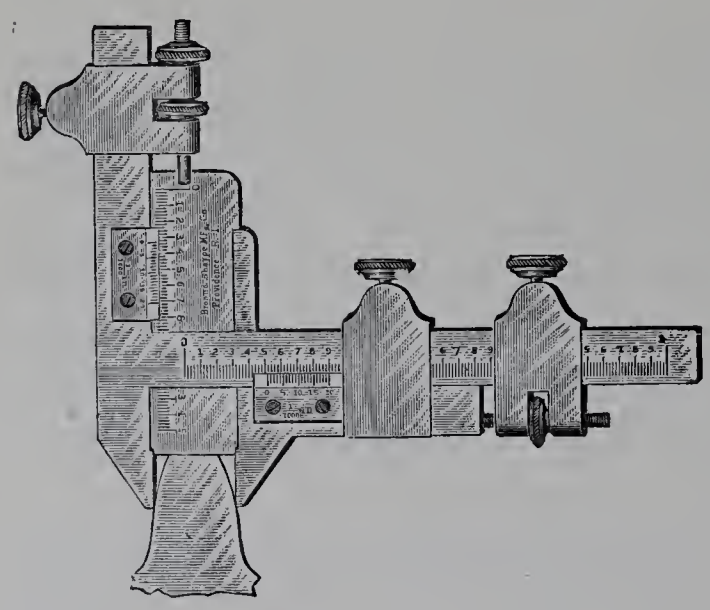


Fig. 231. — Pied pour dents d'engrenages (Brown et Sharpe).

Les différents palmers exposés présentent entre eux quelques différences : MM. Bariquand et Marre adaptent à leurs instruments une friction formée de deux petites coupelles en laiton, M. Starrett et MM. Brown et Sharpe, une friction à rochet; ces derniers constructeurs laissent la vis cachée et assurent la direction par une partie lisse; ils présentent, d'autre part, un micromètre pour le mesurage et la vérification des diamètres de vis, etc.; l'extrémité de la vis de l'instrument est conique et la butée est remplacée par une enclume pivotante en forme de V; l'angle de cette dernière et celui du bout de la vis correspondent exactement à l'angle du filet à mesurer et sont disposés de façon que le contact se fasse sur les flancs des filets et non dans le fond; le diamètre exprimé par le micromètre sera en conséquence celui de la vis compté à la moitié de la hauteur théorique du filet.

Nous citerons encore des calibres de profondeur à vis micrométrique (Bariquand et Marre, Brown et Sharpe) et un micromètre pour la mesure des feuilles extra-minces (Brown et Sharpe).

c **Instruments de comparaison.** — La majeure partie des vérificateurs qui sont employés dans une fabrication, se rapportent à la mesure de longueurs ou de diamètres, pleins ou creux; ils sont donc représentés le plus souvent par des poinçons, des entailles, des cylindres et des bagues; d'autre part, les rapporteurs des mesures à entailles sont constitués par des poinçons et les rapporteurs des bagues par des cylindres, le contrôle des vérificateurs revient donc à mesurer des longueurs à bouts ou à les comparer à des broches de longueur connue, sous la réserve que les graduations des appareils de mesure ou les broches de comparaison auront été étalonnées et que leur longueur sera déterminée avec une approximation connue.

Les instruments exposés étaient en principe disposés pour mesurer les longueurs à bouts et comprenaient deux modèles présentés par MM. Bariquand et Marre et trois

modèles présentés l'un par M. Reinecker, l'autre par MM. Prat et Whitney, le troisième par MM. Brown et Sharpe; le grand modèle de M. Bariquand permet en outre de mesurer les longueurs à traits; tous donnent, à l'aide d'un appareil micrométrique, la différence de la longueur cherchée soit par rapport à des broches-étalons échelonnées (petit modèle Bariquand, Reinecker), soit par rapport à des longueurs tracées sur l'appareil (Pratt et Whitney, Brown et Sharpe, grand modèle Bariquand).

Les uns permettent de lire le millième de millimètre ou *micron* (Bariquand, Pratt et Whitney), les autres, le dix millième de millimètre ou dixième de micron (Reinecker, Brown et Sharpe); mais il y a lieu de remarquer que le centième de millimètre étant la plus petite tolérance industriellement admise pour les pièces interchangeables, il est suffisant que les instruments de mesure et de vérification soient étalonnés à moins d'un centième de millimètre près, et que les appareils de comparaison donnent l'unité de l'ordre immédiatement inférieur, c'est-à-dire le micron, à la condition, toutefois, qu'on ait la certitude de lire des subdivisions de cet ordre du mètre international.

Les appareils en question portent, en principe, sur un banc massif, une poupée mobile et une poupée fixe entre lesquelles est placée la pièce à mesurer; ils diffèrent, entre autres choses, par la façon dont le contact des touches est assuré. MM. Brown et Sharpe préfèrent à tout système le doigté d'un ouvrier exercé, MM. Bariquand et Marre emploient une friction, MM. Pratt et Whitney et M. Reinecker des dispositions spéciales dont il sera question plus loin. Mais dans tous les appareils où la comparaison a lieu par rapport à une mesure à traits, la lecture se fait à l'aide d'un microscope, mobile dans l'un pendant l'exécution des mesures (Pratt et Whitney), fixe dans les autres, de façon à le soustraire aux imperfections de la glissière et aux flexions du bâti, et à assurer l'unité de direction de son axe optique (Brown et Sharpe, Bariquand et Marre).

Petit micromètre à friction (Bariquand et Marre). — Ce petit micromètre est surtout destiné aux ateliers. Il donne le $\frac{1}{1000}$ de millimètre pour toutes les mesures à bouts

Fig. 232. — Petit micromètre à friction (Bariquand et Marre).

de 0 à 0 m. 50, 1 mètre, ou 2 mètres, suivant le modèle. Il se compose de deux poupées micrométriques montées sur un banc. La première sert de contre-pointe; elle

est à vis micrométrique avec barillet au $\frac{1}{100}$ et vernier au $\frac{1}{10}$; une vis latérale en permet le bloquage. La seconde, mobile, possède à l'arrière un écrou de fixation; la vis micrométrique porte un barillet au $\frac{1}{100}$ et un vernier au $\frac{1}{10}$ qui permet de mesurer le $\frac{1}{1000}$ de millimètre; elle est mue par l'intermédiaire d'une friction métallique.

Pour mesurer une longueur, on règle l'intervalle entre les deux pointes sur la combinaison de broches-étalons la plus proche de la dimension cherchée de moins de 5 millimètres. Pour que ce réglage soit bien fait, il faut que, en amenant la vis en contact et en tournant le bouton à friction, l'indication du barillet soit égale à la somme algébrique des corrections connues de la combinaison de broches employées. De cette façon, lorsque le barillet sera au zéro, la distance comprise entre les pointes de l'instrument sera, à moins de $\frac{1}{1000}$ de millimètre près, la longueur vraie de la somme des cotes gravées sur les broches.

Comparateur Reinecker. — L'appareil de M. Reinecker repose, comme le précédent, sur la comparaison par différence de la pièce à mesurer avec des broches types échelonnées de 25 en 25 millimètres, et même de 5 en 5 millimètres pour les mesures les plus précises. La poupée mobile est actionnée par une longue vis à volant fixée au banc; elle porte un manomètre à tube capillaire et une touche mobile, qui est soumise à l'action d'un ressort antagoniste et transmet au diaphragme vertical du manomètre la pression, diminuée de l'effort du ressort, que lui communique la broche type ou la pièce à mesurer; sous cette action, le liquide coloré s'élève dans le tube capillaire et sa hauteur peut être repérée. La poupée fixe comporte une vis micrométrique au pas de 1 millimètre, avec tambour de grand diamètre gradué en 1,000 parties et un vernier au $\frac{1}{10}$, et un système de rappel du tambour permettant de lui donner de très faibles déplacements pour le réglage. Le vernier permet donc de lire le $\frac{1}{10000}$ de millimètre.

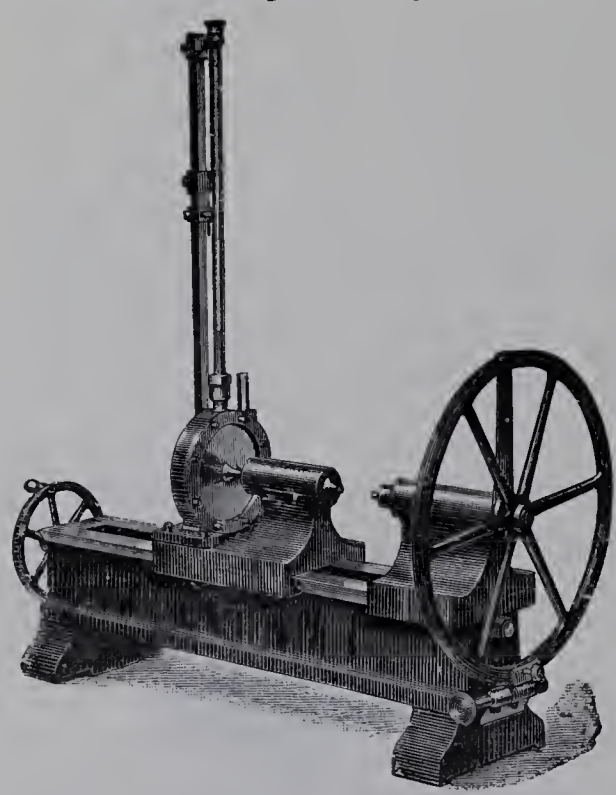


Fig. 233. — Comparateur de M. Reinecker.

L'appareil est très sensible, car la rotation du tambour d'une division, correspondant à une longueur de $\frac{1}{1000}$ de millimètre, déplace le niveau du liquide de 10 millimètres.

Comparateur Pratt et Whitney. — Dans l'appareil présenté par MM. Pratt et

Whitney, la comparaison a lieu par différence par rapport à une graduation espacée de 25 millimètres en 25 millimètres et constituée par des traits microscopiques tracés

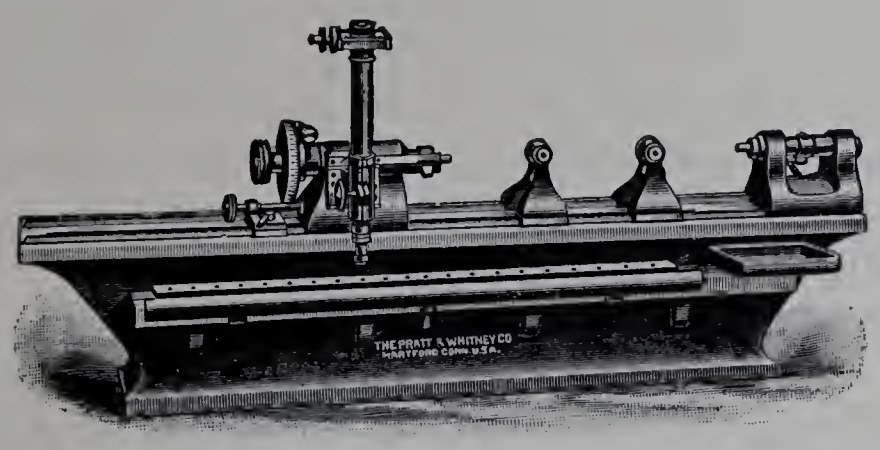


Fig. 234. — Comparateur Pratt et Whitney.

sur de petits bossages parfaitement polis, à l'aide du grand comparateur conservé par le constructeur. La poupée mobile porte le système micrométrique, un repère mobile réglable avec vis de rappel réglable, un microscope avec réticule réglable; la vis est au pas de 0 mm. 5 et le tambour comporte 500 divisions; la lecture directe sur le tambour donne donc $\frac{1}{1000}$ de millimètre. Le microscope est destiné à repérer exactement la position de la poupée mobile par rapport aux traits espacés de 25 millimètres; il se déplace solidairement avec cette poupée au-dessus des bossages de la règle graduée.

Dans la poupée fixe, la sensibilité de la touche est assurée de la façon suivante : une sorte de pince, dont un côté est fixe et l'autre est relié à la touche principale, qui est actionnée d'autre part par un ressort à boudin dans la direction de la poupée mobile,

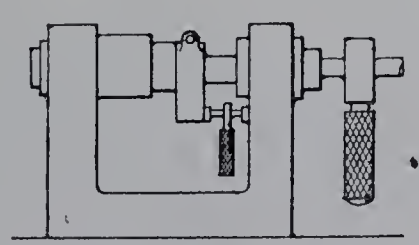


Fig. 235. — Indicateur de la pression de contact.

est susceptible de saisir un petit indicateur formé d'une tige cylindrique lisse et d'une poignée molettée; cet indicateur peut se maintenir horizontalement, tant que la pression du ressort à boudin reste supérieure à une valeur déterminée, mais constante; dès que cette pression devient insuffisante, notamment par la compression du ressort sous l'action de la vis micrométrique transmise par la pièce à mesurer, l'indicateur tourne en se rapprochant de la verticale, et c'est cette dernière position qu'on prend comme indice de la pression, chaque fois qu'on effectue une mesure.

On opère de la façon suivante : amener les pointes au contact et régler l'appareil micrométrique de façon que son repère mobile soit au zéro quand le petit indicateur tombe de l'horizontalité à la verticalité, faire coïncider le réticule de la lunette avec le premier

trait de la graduation; pour effectuer une mesure, transporter la poupée mobile à la distance voulue et mettre le réticule de la lunette sur le trait multiple de 25 millimètres le plus voisin de la longueur à mesurer en agissant sur une vis qui rappelle tout le système micrométrique et la lunette, sans changer leur réglage; interposer la broche à mesurer entre les deux pointes et opérer comme précédemment, en se servant de l'appareil micrométrique pour obtenir la quantité à ajouter ou à retrancher à la longueur multiple de 25 millimètres. Pour la simplicité des opérations, une règle graduée en millimètres et demi-millimètres est portée par la poupée mobile et permet de compter les unités de millimètres dont on a fait mouvoir la vis.

Comparateur Brown et Sharpe. — MM. Brown et Sharpe opèrent par différence par rapport à une graduation en demi-millimètres, et comme leur vis micrométrique est au pas de $\frac{1}{2}$ millimètre, il en résulte qu'elle a au plus un tour complet à faire; le microscope reste en principe immobile pendant l'exécution des mesures, et c'est la graduation rectiligne qui se déplace devant lui, avec la poupée mobile.

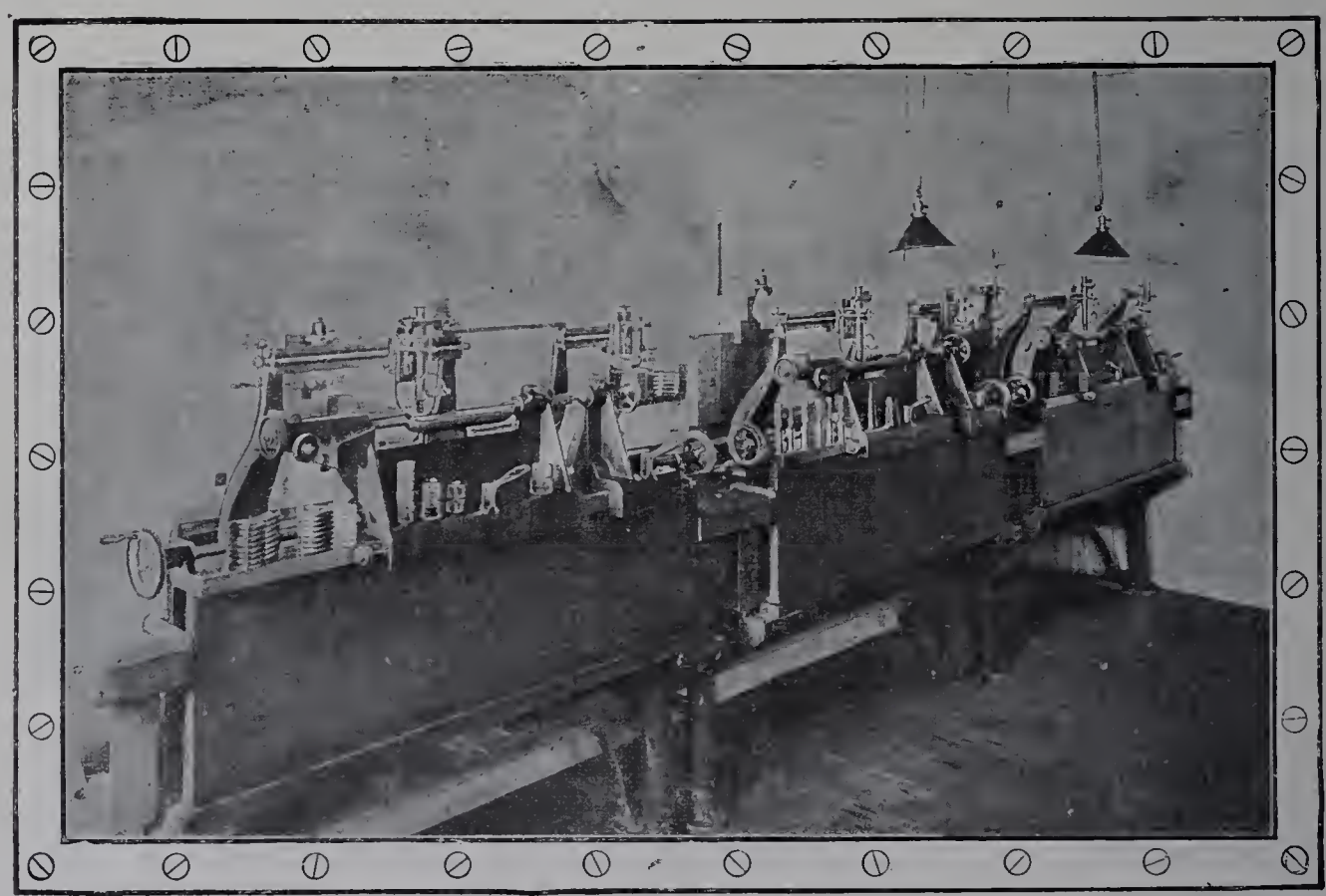


Fig. 236. — Comparateur Brown et Sharpe. (Vue d'un groupe de trois machines.)

La poupée fixe porte la vis micrométrique qui, comprenant une vis au pas de 0 mm. 5, un tambour portant 500 divisions et un vernier au $\frac{1}{10}$, permet la lecture de $\frac{1}{10000}$ de millimètre; de plus, elle est susceptible d'un léger déplacement, par le moyen d'une vis de rappel, de façon à pouvoir assurer le réglage. La poupée mobile porte deux graduations parallèles en demi-millimètres; l'une, qui est gravée en traits

visibles à l'œil nu, est numérotée et sert à trouver la position, l'autre, qui est tracée en traits microscopiques, sert de visée à la lunette fixe. L'appareil ne comporte pas de système de friction permettant d'uniformiser la pression de la vis micrométrique; les constructeurs préfèrent le doigté d'un ouvrier très exercé à tous les systèmes connus.

Pour opérer, on commence par mettre les deux butées au contact et on règle les poupées de façon que, le micromètre étant au zéro, la lunette vise le trait zéro de la graduation; puis, si on veut mesurer une certaine longueur, on détermine le nombre de demi-millimètres qu'elle contient par la visée de la lunette sur les traits de la graduation; le complément est donné par le micromètre.

Comparateur Bariquand et Marre. — Le banc micrométrique de MM. Bariquand et Marre sert à comparer pratiquement, avec l'indication du micron, c'est-à-dire du millième de millimètre, les mesures à traits et les mesures à bouts, et à diviser les mesures à traits d'après une règle-étalon, divisée en millimètres, dont on connaît la table de correction d'après le mètre-étalon international.

Il se compose d'un banc en fonte de 4 mètres de longueur, de forme spéciale et très fortement nervé, de façon à éviter les flexions, et porté par trois points pour qu'il ne subisse aucune déformation par suite du calage de son socle.

Sur ce banc peut glisser un coulisseau en aluminium, qui porte la règle-étalon et les pièces à diviser ou à étalonner et la poupée de butée pour les mesures à bouts. Il est guidé dans un plan horizontal par la surface du banc et, en direction, par une règle encastrée dans le banc et contre laquelle il est appuyé par des ressorts. Il peut être déplacé de deux façons : 1° rapidement, par la crémaillère qu'il porte à sa partie inférieure et des pignons sur lesquels on agit par un volant à la main; ce volant est divisé en 100 parties et chaque division correspond à un déplacement de 1 millimètre du coulisseau, de façon qu'on peut l'amener rapidement très près du point à observer; 2° au moyen d'une petite came mue par un levier à la main, qui lui donne les déplacements très petits pour pointer les traits.

Le banc porte en son milieu une console qui reçoit les microscopes et l'appareil à tracer. Les microscopes, munis d'un système d'éclairage, sont montés sur des coulisses de réglage longitudinal, transversal et vertical pour pointer les traits en un point déterminé de leur longueur et pour la mise au point. Ils portent chacun deux paires de fils parallèles à différents écartements, avec un dispositif d'orientation; l'un d'eux, destiné aux mesures dont les différences n'excèdent pas 0 mm. 5, a des réticules portés par un chariot micrométrique indiquant le micron dans le plan focal de l'oculaire; l'autre, plus simple, est monté tout entier sur un chariot micrométrique à vis réglable, dont la course est de 10 millimètres et porte un barillet indiquant le micron.

L'appareil à tracer peut être également monté sur la console du banc. Le porte-outil de cet appareil oscille sur un cadre, autour de deux pointes, dont l'axe est rigoureusement parallèle aux pointes de suspension du cadre lui-même, qui est porté par un

coulisseau en col de cygne. Le support de ce coulisseau est muni de réglages dans toutes les directions; la longueur des traits est déterminée au point de départ par une vis de

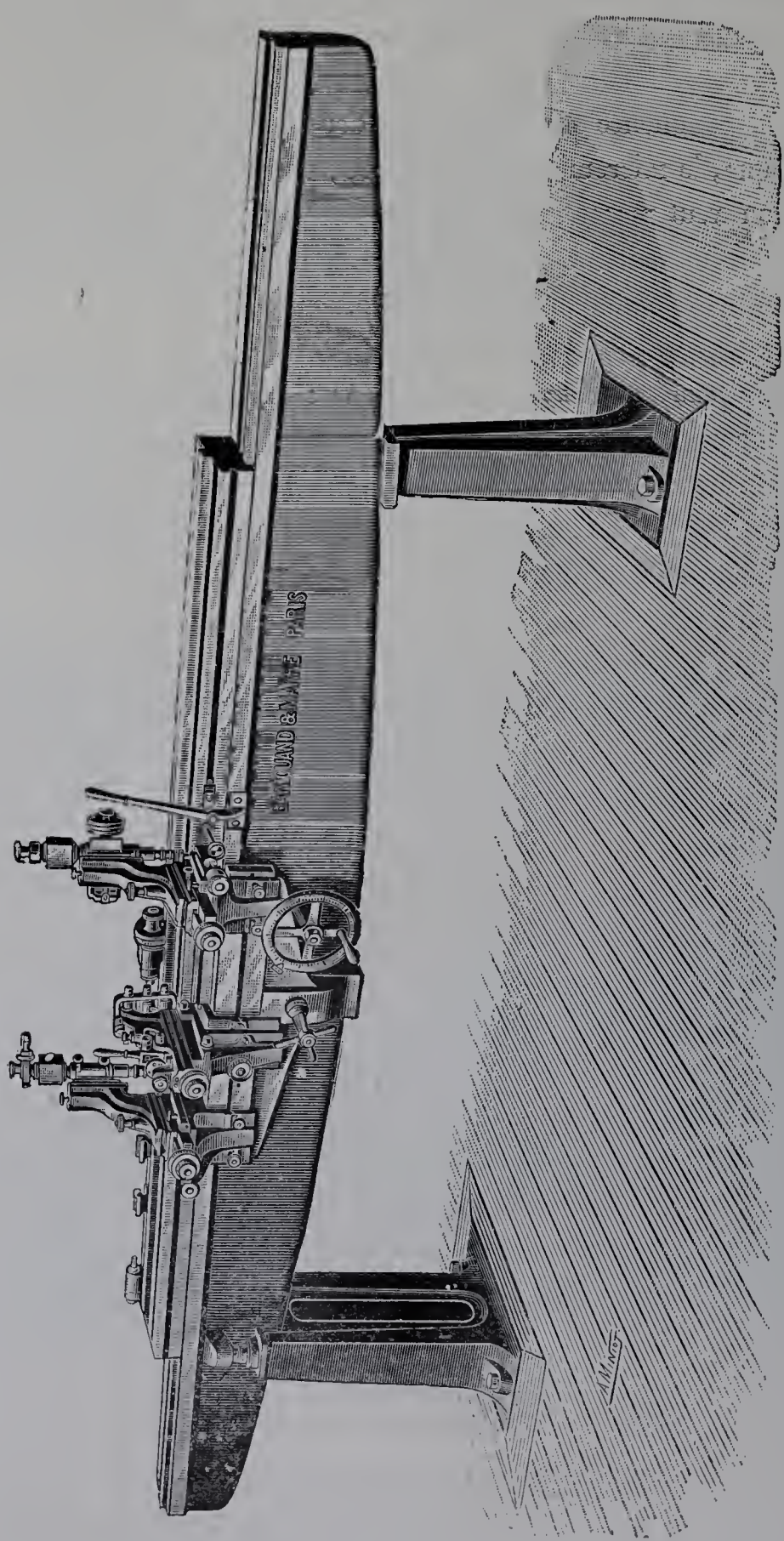


Fig. 237. — Comparateur Bariquand et Marre. (Ensemble.)

butée sur laquelle s'appuie le cadre et, à fin de course, par cinq vis montées sur une douille tournante, et qui servent à limiter la longueur de chaque trait. Un petit levier avec une came est solidaire du porte-outil et sert à soulever ce dernier, pendant le retour

en arrière de l'outil et pendant le réglage qui s'effectue entre le traçage de deux traits consécutifs.

Sur la face du banc opposée à la console est fixée la poupée micrométrique à friction, en forme de col de cygne, de façon que son axe est reporté au-dessus du grand coulisseau dans le prolongement de la poupée de butée. La vis de cette poupée est au pas

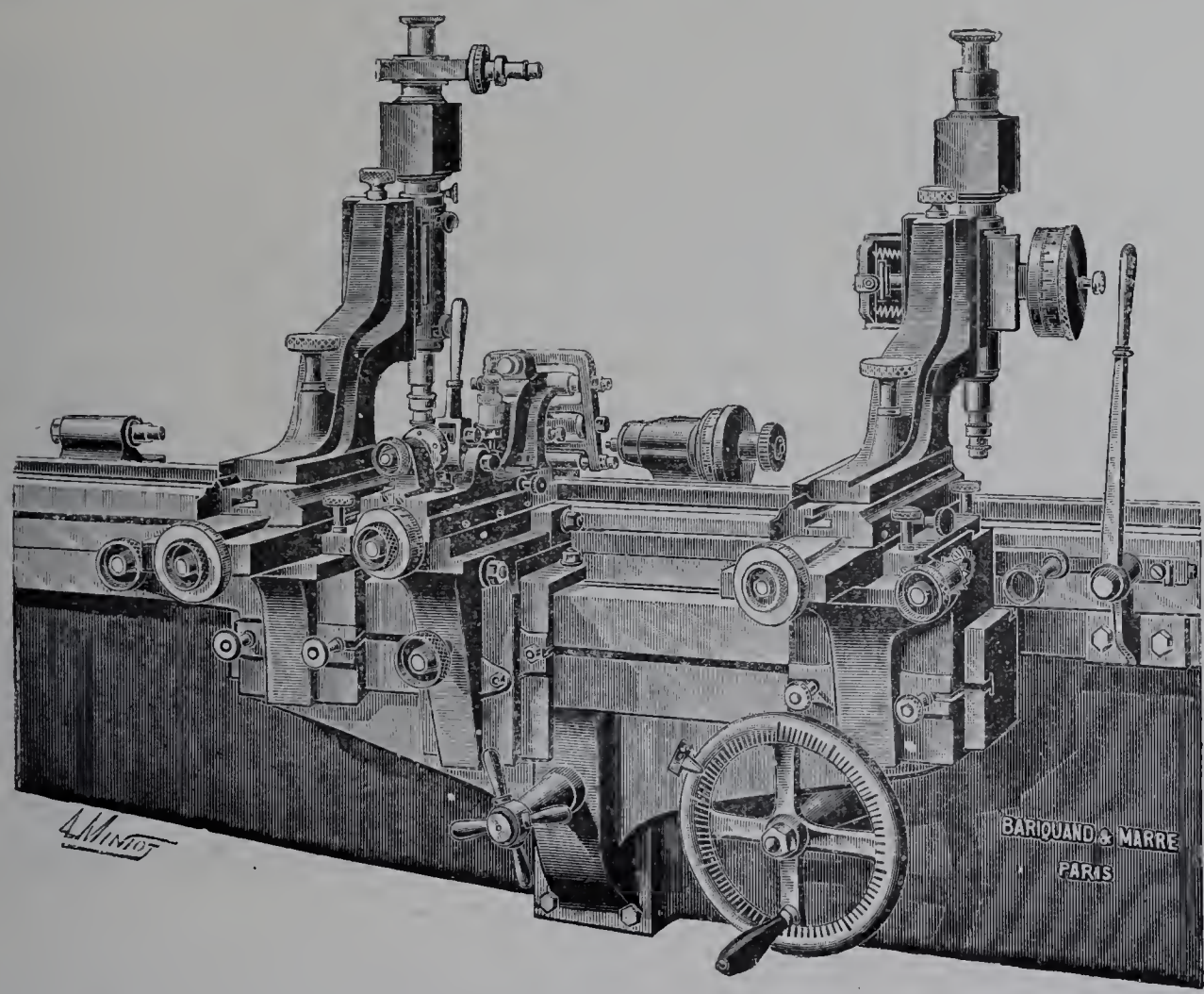


Fig. 238. — Comparateur Bariquand et Marre. (Console porte-microscopes et appareil à tracer.)

de 1 millimètre; le profil du filet est un triangle rectangle et présente, perpendiculairement à l'axe, le flanc qui subit la réaction pendant les mesures. Le jeu qui doit exister entre la vis et son écrou, pour que son mouvement soit doux et régulier, n'a ainsi aucune influence sur la mesure prise. Cette vis ne prend pas directement contact avec les pièces à mesurer : une broche, constamment appliquée contre l'extrémité de la vis par un ressort, participe seulement au mouvement de translation de la vis, sans tourner. Cette broche de contact, ainsi que celle de la contre-poupée en acier, trempées et rectifiées, sont parfaitement dressées et glacées par un poli spéculaire; on vérifie par des procédés optiques que les faces des touches sont parfaitement planes et perpendiculaires à leur axe. La vis est mue par un bouton à friction et porte un barillet divisé en 100 parties, avec vernier au $\frac{1}{10}$ indiquant ainsi le micron.

Pour comparer les mesures à traits, on fixe la règle à vérifier sur le coulisseau en avant de la règle-étalon et on pointe le premier trait de la division avec le microscope de

repère; on règle le microscope de mesure, dont le barillet doit être au zéro, sur le premier trait de la règle-étalon; on déplace d'abord par le volant, puis par la came, le grand coulisseau jusqu'à ce que le dernier trait de la longueur à vérifier se place exactement entre les fils du réticule du microscope, et, par le chariot micrométrique du microscope de mesure, on pointe le trait correspondant de la règle-étalon : l'indication du barillet donne en microns la différence des deux longueurs.

On peut procéder inversement en pointant d'abord le trait de la règle-étalon sans changer le réglage du microscope de mesure, et en mesurant la différence par le pointé sur le dernier trait de la règle à mesurer.

Pour mesurer les longueurs à bouts, on place le grand coulisseau dans une position telle, que la poupée de butée soit en contact avec la poupée micrométrique, et qu'en en faisant mouvoir la vis par la friction, le barillet soit exactement au zéro; on pointe ensuite le zéro de la règle avec le microscope de mesure. Dans ces conditions, l'instrument est réglé pour comparer des mesures à bouts avec la longueur limitée par chaque trait visé de la règle-étalon.

Pour ces comparaisons, on peut immobiliser le coulisseau sur le banc au moyen d'un bouton placé sur le devant de la potence du banc.

Pour diviser les mesures à traits, on dispose l'appareil à tracer sur la console en réglant l'outil pour le premier trait, puis on vise avec un microscope le trait zéro de la règle-étalon; on déplace ensuite le coulisseau pour chaque trait en réglant sa position précise par le pointé du trait correspondant de la règle-étalon.

Dans toutes ces opérations, on tient compte, au moyen du déplacement micrométrique du microscope qui vise la règle-étalon, des corrections dont peut être affecté chaque trait de cette règle.

Tables de correction des graduations et des broches-étalons. — Quelle que soit la subdivision du mètre que l'appareil employé permette de lire, il est indispensable, ainsi que nous l'avons montré, de posséder une limite de l'erreur à craindre sur cette lecture; d'où la nécessité de posséder une table de correction, à moins d'une unité de l'ordre qu'on lit, de la graduation des comparateurs et de la longueur des broches-étalons.

Nous allons exposer comment MM. Bariquand et Marre obtiennent ce résultat.

Tous leurs instruments de mesure et de vérification ont pour point de départ un mètre à traits qui a été contrôlé au Conservatoire des arts et métiers. Il a été dressé un procès-verbal de cette vérification certifiant que le mètre-étalon est, à la température de o degré centigrade, parfaitement exact et égal au mètre-étalon international.

Partant de là, on peut établir des broches-étalons, à un micron près, par la méthode générale que nous allons indiquer :

Soit une longueur L représentée par une broche en acier et qu'il s'agit de diviser en n parties.

Pratiquement, il suffit d'établir une broche B dont on connaîtra la mesure par rapport à $\frac{L}{n}$ avec un petit écart indiqué d'après les subdivisions du micromètre, c'est-à-dire à un micron près.

Avec les mesures courantes en usage dans les ateliers, on fait n broches du même acier que la broche L et représentant la longueur $\frac{L}{n}$ approximativement. Ces n broches $B_1\ B_2 \ldots\ldots B_n$, calibrées avec le micromètre comparativement entre elles et leur somme comparativement à la broche L, seront retouchées jusqu'à ce que la différence de leurs longueurs ne dépasse pas quelques millièmes de millimètres. Puis, quand elles sont parachevées, on règle la poupée mobile du micromètre de façon que le barillet marque zéro pour la broche B_1, et l'on passe successivement les n broches sur le micromètre, en ayant soin qu'elles soient toutes à la même température : il suffit pour cela de les laisser séjourner côte à côte sur le banc de l'appareil et de les prendre avec des pinces pour les placer.

Cette comparaison donne en microns les écarts des broches par rapport à B_1, d'où le tableau :

$$\begin{aligned} B_1 &= B_1 \\ B_2 &= B_1 \pm \alpha_2 \\ B_3 &= B_1 \pm \alpha_3 \\ &\vdots \\ B_n &= B_1 \pm \alpha_n \\ \hline B_1 + B_2 + B_3 \ldots + B_n &= nB_1 \pm \Sigma\alpha \end{aligned}$$

On compare ensuite sur le micromètre réglé avec la broche L les broches $B_1\ B_2 \ldots\ldots B_n$ soigneusement disposées dans une règle en V à la suite les unes des autres. Cette comparaison donne :

$$B_1 + B_2 + \ldots\ldots + B_n = L \pm \beta.$$

Les deux équations ainsi établies donnent :

$$nB_1 \pm \Sigma\alpha = L \pm \beta;$$

d'où

$$B_1 = \frac{L}{n} \pm \left(\frac{\Sigma\alpha + \beta}{n}\right).$$

La valeur du terme de correction $\frac{\Sigma\alpha + \beta}{n}$ est connue par les indications successives du micromètre. Les erreurs inhérentes à l'instrument portent sur de petites quantités et sont d'un ordre absolument négligeable.

La valeur de B_1 ainsi connue en fonction de $\frac{L}{n}$, on déduit du premier tableau la valeur des n broches B. On choisira parmi celles-ci la plus exacte qui sera le type pour la longueur $\frac{L}{n}$, et cela avec une approximation connue.

C'est de cette méthode générale que découle comme application particulière *l'établissement des broches-étalons types* représentant les fractions décimales du mètre-étalon.

Avec le mètre-étalon à traits M, vérifié exact par le Conservatoire des arts et métiers, MM. Bariquand et Marre font, à l'aide de leur comparateur, une broche-étalon de 1 mètre aussi exacte que possible et en prennent la valeur :

$$B(1,000) = M \pm e,$$

e étant exprimé en microns.

En faisant deux broches de 0 m. 50 et en les comparant entre elles et à la broche de 1 mètre B (1,000), on connaîtra B_1 (500) et B_2 (500).

De même, on établira les broches :

100 millimètres, B_1 (100) B_2 (100) B_3 (100) B_4 (100) B_5 (100);

50 millimètres, B_1 (50) B_2 (50);

25 millimètres, B_1 (25) B_2 (25);

20 millimètres, B_1 (20) B_2 (20) B_3 (20) B_4 (20) B_5 (20).

Avec les meilleures broches de 100 et 20 millimètres, on étalonnera une broche de 120 millimètres B (120) et cette dernière servira à établir 5 broches de 24 millimètres :

B_1 (24) B_2 (24) B_3 (24) B_4 (24) B_5 (24).

En résumé, on arrivera ainsi à posséder deux broches-types, l'une de 25 millimètres, l'autre de 24 millimètres, toutes deux connues, à moins de 1 micron près.

Si on règle le micromètre au zéro avec la broche de 24 millimètres, il faudra que la vis du barillet à friction, dont le pas est de 1 millimètre, fasse un tour en arrière pour se régler sur la broche de 25 millimètres. Si ce réglage ne se fait pas exactement, ce qui arrive le plus souvent, alors le barillet du micromètre indique en millièmes de millimètres l'erreur de la vis pour passer du trait 0 au trait +1.

Effectuons maintenant le réglage du micromètre à zéro sur la broche B (25) et tenons compte de l'erreur précédemment trouvée, nous établirons la broche B (26) et ainsi de suite de millimètre en millimètre :

B (27) B (28) B (29);

et inversement : B (23) B (22) B (21).

Chaque fois qu'une broche de millimètres sera établie, le contrôle en sera facile, car l'addition de deux broches devra faire une broche connue, soit :

$$B(24) + B(26) = B(50).$$

Pour établir un type de 1 millimètre d'épaisseur, on réglera pointe à pointe le micromètre à zéro; puis, en calibrant la pièce à exécuter de façon que le micromètre indique pour son épaisseur un tour plus ou moins l'erreur connue, on aura exactement, à un micron près, un millimètre-étalon.

Enfin, en passant sur le micromètre les broches de 20 à 30 millimètres, on vérifiera si les erreurs des filets de la vis du barillet sont proportionnelles aux déplacements, et, s'il en est ainsi, les divisions du barillet faites avec soin indiqueront des fractions de millimètre, centième et millième de millimètre, avec une grande approximation de leurs valeurs, car la correction à appliquer serait dans ces conditions extrêmement petite et négligeable dans les limites de la tolérance pratique, utile pour les mesures industrielles de grande précision.

Nous remarquerons que, dans la méthode que nous venons d'exposer pour connaître, à un micron près, la valeur des broches variant de millimètre en millimètre, il nous a suffi de disposer d'un étalon, d'une longueur totale de 1 mètre, contrôlé par rapport au mètre-étalon international; c'est ensuite par comparaison directe avec des broches-étalons que MM. Bariquand et Marre obtiennent la *correction des traits de la règle* de leurs micromètres.

Voici comment ils opèrent :

Le coulisseau principal du micromètre porte, parallèlement à la règle à étalonner, une rainure en V; le coulisseau est d'ailleurs guidé par une directrice rectifiée avec l'appareil Dévé, et le V est rigoureusement parallèle à la règle.

Dans ce V, on commence par placer contre une butée fixe la broche de 20 millimètres et, contre cette broche, une poussette en acier portant un trait (fig. 239).

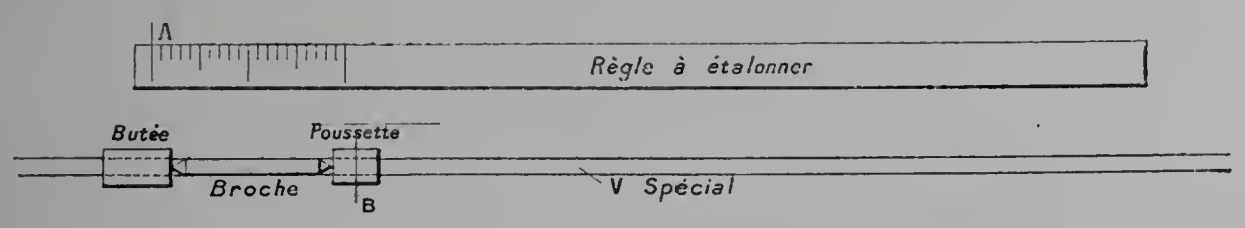


Fig. 239.

Une des loupes A du micromètre est pointée sur le zéro de la règle à étalonner, l'autre loupe B, sur le trait de la poussette. Le réglage au point de départ ainsi effectué, les deux sont bloquées en place, puis la broche de 20 millimètres est remplacée par la broche de 21 millimètres.

La même poussette, à trait de repère, étant appliquée au bout de la broche de 21 millimètres, il faut que le coulisseau du micromètre soit déplacé de 1 millimètre pour que le trait de la poussette apparaisse sous le réticule de la loupe B. Dans cette position, la loupe A vise sur le trait de 1 millimètre et en donne la correction, qui se compose de la correction même lue sur le barillet de la loupe A, de la correction de la vis micrométrique de ce barillet, s'il y a lieu, et de la correction connue de la broche de 21.

Puis on opère de même avec la broche 22, et ainsi de suite.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Quant à la correction du trait du mètre, elle est obtenue par l'emploi de la broche de 1 mètre.

Telle est dans son ensemble la méthode simple, pratique et vraiment industrielle, puisqu'elle est à la portée d'ouvriers soigneux, que MM. Barriquand et Marre emploient pour livrer des appareils de mesure, de vérification et de comparaison avec la précision connue du micron.

MACHINE À ESSAYER LES MÉTAUX.

L'examen des machines de cette catégorie se rapporte plutôt à la classe de la mécanique générale qu'à celle des machines-outils; toutefois M. Mabille qui, d'ailleurs, était hors concours, exposait, dans la Classe 22, une machine à essayer les métaux qui présente, sur le modèle exposé en 1889, le perfectionnement suivant : le piston est ramené, après essai, à sa position de départ non plus au moyen d'une vis, mais à l'aide d'une injection d'eau à l'arrière.

La machine est disposée à la façon d'une romaine, l'effort et le poids équilibreur agissent de part et d'autre du point d'appui. Le barreau d'essai est horizontalement placé entre deux têtes; la tête de droite est attelée à un piston de presse hydraulique, sur lequel de l'eau est refoulée par une petite pompe, mue à bras ou par un moteur, et comportant trois cylindres en vue de produire un jet continu; un jeu de soupapes permet la marche du piston dans un sens ou dans l'autre. La tête de gauche est reliée aux organes de la balance par un ensemble de leviers au moyen desquels l'effort peut être mesuré avec les curseurs de deux fléaux qui portent l'un une graduation en tonnes, l'autre une échelle en kilogrammes.

L'opérateur s'attache à rétablir l'équilibre des leviers de la balance au fur et à mesure de l'accroissement de l'effort, en faisant glisser les deux curseurs le long de leurs leviers respectifs. Au moment de la rupture, une simple lecture sur les graduations indique l'effort qui l'a provoquée.

DEUXIÈME PARTIE.

MACHINES À TRAVAILLER LES BOIS.

Nous diviserons les machines qui rentrent dans cette catégorie en machines à débiter les bois et machines à façonner les bois débités.

Les premières comprendront les différents modèles de scieries; les secondes, les machines à raboter, moulurer, percer, mortaiser, les tours et les machines diverses.

CHAPITRE PREMIER.

MACHINES À DÉBITER LES BOIS.

Catégories diverses de machines à débiter les bois. — I. Scieries à mouvement rectiligne alternatif : considérations générales, outil, châssis porte-scie, avancement du bois; scies alternatives, dites «sauteuses»; machines à scier, à trancher ou à dérouler les bois de placage; machines à action directe de la vapeur pour abattre ou tronçonner les arbres. — II. Scieries circulaires. — III. Scieries à lame sans fin.

CATÉGORIES DIVERSES DE MACHINES À DÉBITER LES BOIS.

Le débitage et le tronçonnage des bois, c'est-à-dire les opérations qui consistent à abattre les arbres, à les diviser en poutres et en madriers, puis à les refendre en planches ou en feuillets minces, et enfin à mettre les uns et les autres à la longueur voulue, sont effectués mécaniquement dans les forêts, les chantiers ou les ateliers à l'aide de scieries qu'on peut ranger dans trois classes distinctes : les scieries à mouvement rectiligne alternatif, les scieries circulaires et les scieries à lame sans fin.

Les *scieries alternatives,* de beaucoup les plus anciennes, présentent l'avantage d'un entretien facile, mais elles ont l'inconvénient de ne travailler que pendant la moitié de leur course et celui, bien diminué d'ailleurs depuis les progrès réalisés dans la confection des lames de scie, d'entraîner, en raison de l'épaisseur de leur trait, un déchet de bois souvent exagéré. On a cherché, il est vrai, à augmenter leur rendement en divisant la lame en dents inclinées les unes dans un sens, les autres en sens inverse; la scie ainsi disposée a une action continue et travaille aussi bien en montant qu'en descendant, mais il y a lieu de remarquer qu'elle ne travaille dans chaque sens que sur la moitié des dents et que son rendement ne saurait en être doublé. Quoi qu'il en soit, les scieries alternatives se prêtent bien à l'emploi de lames juxtaposées permettant le débitage simultané d'une grume; c'est évidemment un avantage qui compense l'infériorité de leur

rendement par rapport aux scies à action continue; mais, pour obtenir ce résultat, il faut avoir à faire un débit constant et spécial, comme celui de planches et de madriers dont les dimensions varient peu.

Les *scieries circulaires* ont l'avantage de travailler d'une façon continue et d'assurer un bon rendement, mais, ne pouvant avoir d'appareil de tension, elles doivent, pour conserver leur rigidité, posséder une certaine épaisseur; plus que toute autre, elles occasionnent par leur trait de scie une perte de bois et, de plus, lorsqu'elles travaillent sur une certaine hauteur, elles sont soumises à des frottements qui entraînent une consommation de force considérable; enfin elles sont dangereuses à conduire et ont été fréquemment la source de graves accidents. Aussi elles sont peu employées pour le débitage des grumes, et plus généralement utilisées pour dédoubler, refendre, tronçonner et pour certains travaux d'atelier.

Les *scieries à lame sans fin,* les dernières entrées dans la pratique courante, sont d'un emploi général : elles permettent de débiter les grumes, de refendre les madriers, et se prêtent à la majeure partie des travaux de sciage dans les ateliers et en particulier au chantournement. Leur entretien est un peu délicat, bien que l'opération de l'affûtage ait été singulièrement facilitée par l'introduction des machines à affûter à meule d'émeri; par contre, elles présentent l'avantage de travailler d'une façon continue et d'économiser la force et la matière; elles ne font, il est vrai, qu'un trait de scie à la fois, mais avec une avance qui équivaut à celle de plusieurs lames alternatives travaillant simultanément; en outre, par leur nature même, elles se prêtent aux débits les plus variés, sans qu'on ait même besoin d'arrêter la machine.

Nous allons successivement passer en revue dans ce chapitre : les scieries à mouvement rectiligne alternatif; les scieries circulaires et les scieries à lame sans fin.

Nous étudierons, en même temps que les scies à débiter les feuilles de placage, les autres procédés employés au même usage.

Quant aux scies qui sont employées à des travaux spéciaux, nous en parlerons en même temps que les machines similaires, indépendamment de la nature de l'outil.

I. SCIERIES À MOUVEMENT RECTILIGNE ALTERNATIF.

Considérations générales. — L'invention des scieries hydrauliques destinées au débitage des bois paraît remonter à une époque très reculée, et tout au moins très voisine de l'occupation romaine; on trouve trace de leur emploi en Allemagne dès les premiers siècles de l'ère chrétienne, puis au XVe siècle, lors de la découverte de Madère, pour le débitage des bois de cette île. Il est d'ailleurs assez difficile de déterminer quelle était la disposition de ces scieries; le général Poncelet estime qu'elles devaient ressembler, jusqu'à un certain point, à celles qu'on voyait encore vers le milieu du XIXe siècle servir dans les montagnes des Vosges, de la Forêt Noire, du Mont-Dore, etc., à débiter en madriers et en planches les gros arbres de pins ou de sapins, au moyen de châssis de scie à coulisses verticales soulevés vers le bas, à l'instar des pilons, par un arbre à cames que

fait mouvoir directement une petite roue hydraulique à augets : la pièce, montée sur un chariot à roulettes, était poussée vers le châssis de scie par le moyen d'une roue à rochet, que fait tourner une fourche à pied de biche, qui reçoit son mouvement alternatif d'avance et de retrait d'un bras oscillant actionné lui-même par la montée et la descente du châssis.

Le mécanisme de la roue à rochet et du pied de biche s'est propagé jusqu'à nos jours et se retrouve dans un grand nombre de machines.

Dans un écrit qui date de la fin du XVIe siècle, Ramelli donne la description d'une scierie se rapprochant beaucoup de celles qui, d'après Bélidor, furent mises en usage dans le XVIIIe siècle; le châssis, au lieu d'être élevé verticalement par des cames à chocs successifs, reçoit le mouvement de va-et-vient continu d'une bielle inférieure montée sur la manivelle en fer de l'arbre coudé horizontal d'une roue hydraulique. Dans cette machine, comme dans celles étudiées par Bélidor, la pièce de bois est poussée pendant la levée du châssis et non durant la descente, comme on l'admet maintenant : la direction antérieure des dents de la scie est alors légèrement inclinée sur la verticale en vue d'en favoriser le rapide dégagement pendant la montée.

Plus tard, les travaux de Bélidor, Navier, Bentham, Brunel, etc., amenèrent progressivement l'établissement des scies alternatives à peu près à l'état où nous les trouvons aujourd'hui.

Une scierie se compose essentiellement d'une ou de plusieurs lames de scie, portées par un châssis mobile qui, par l'intermédiaire d'une bielle et d'une manivelle, reçoit d'unarbre de rotation un mouvement alternatif de va-et-vient, généralement vertical. Ce châssis est d'ailleurs dirigé dans son mouvement par un châssis fixe entre les jambages duquel il oscille; la lame oscillant sans avancer, c'est la pièce de bois qui marche vers l'outil.

Outil. — Les lames de scie sont en acier laminé et trempé; elles sont garnies de dents, dont l'intervalle doit être suffisant pour loger la sciure.

La forme de la denture varie suivant la nature du bois à débiter; pour les bois verts, on emploiera des dents en *becs de perroquet* avec tranchant de 40 à 60 degrés et angle de dégagement de 15 degrés; pour les bois durs, des dents *angulaires* avec tranchant de 40 degrés et dégagement de 10 degrés. Pour éviter le frottement de la lame sur le bois et pour faciliter le dégagement de la sciure, les dents sont déviées alternativement à droite et à gauche, c'est ce qu'on nomme *donner la voie* à la scie. Un perfectionnement, présenté il y a une cinquantaine d'années, par M. Cochot, et destiné à obtenir de beaux sciages, consiste, après avoir donné la voie, à courber les extrémités des dents de façon à les rendre parallèles à la lame. Enfin, mais surtout dans les scies épaisses et par conséquent dans les scies circulaires, le

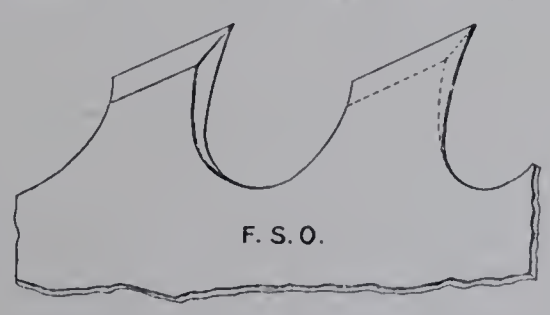


Fig. 240. — Dent en bec de perroquet et à biseau.

profil de la dent est taillé en biseau alternativement à droite et à gauche, de façon que chaque dent fasse son attaque obliquement.

Autrefois, les lames étaient en fer et avaient une épaisseur qui atteignait parfois jusqu'à 6 millimètres et même 10 millimètres; il en résultait, dans l'opération du sciage, une perte de bois considérable; cette épaisseur, qui a été fortement réduite, n'atteint pas aujourd'hui 1 millimètre, grâce aux perfectionnements de l'industrie métallurgique et aux efforts combinés des fabricants de scies; à cette occasion, nous citerons d'une façon toute particulière la maison Mongin qui, depuis 1816, n'a cessé de réaliser des perfectionnements dans la confection de ces outils.

M. Jametel préconise l'emploi de scies dont la lame est divisée dans sa longueur en plusieurs parties égales, comprenant chacune 4 dents inclinées dans un sens et 4 en sens inverse; la scie ainsi disposée est à action continue et agit à la fois en montant et en descendant, sans qu'on puisse toutefois, ainsi que nous l'avons déjà dit, espérer doubler le rendement.

Nous avons vu, lorsque nous nous sommes occupés des machines à meuler, les différents procédés qui sont employés pour affûter les scies, à denture droite ou à biseau; il nous reste à indiquer la façon dont on donne la voie, lorsque cette opération n'est pas faite sur la machine même qui affûte; la méthode repose le plus souvent sur l'emploi du tourne-à-gauche; elle demande toutefois à être appliquée par un ouvrier habile, faute de quoi la courbure peut ne pas être régulière, en raison de l'élasticité différente de chacune des dents. M. Ransome présente un appareil basé sur l'emploi du marteau et de l'enclume, qui s'applique plus particulièrement aux scies circulaires, mais qui semble permettre à un ouvrier ordinaire de donner d'une façon régulière la courbure convenable. La scie est montée sur un axe qui peut être déplacé suivant son diamètre, le long d'une glissière du bâti, et chaque dent vient successivement reposer sur une enclume dont un biseau à excentrique permet de donner, sous le choc du marteau, l'inclinaison voulue à chacune des dents.

Châssis porte-scie. — Pendant longtemps les châssis porte-scie ont été faits en bois, de façon à réduire, autant que possible, la masse des pièces oscillantes et atténuer les effets de l'inertie au commencement et à la fin de chaque course; on les construit plus généralement aujourd'hui en acier, en vue de combiner le maximum de solidité avec le minimum de poids. Les lames peuvent être reliées à des pièces en forme de T auxquelles elles sont fixées par de fortes goupilles; ces pièces sont logées dans des ferrures rectangulaires reliées aux traverses supérieure et inférieure du châssis, et une vis de rappel à la partie inférieure permet de tendre la lame progressivement et sans choc. Le plus souvent, les constructeurs, pour diminuer l'intervalle entre les lames et arriver à débiter les plateaux minces, montent les scies sur un chaperon unique, muni de clavettes de réglage.

Le châssis mobile est guidé par deux glissières qui se meuvent dans deux coulisses verticales portées par un système de poteaux réunis à leur partie supérieure. Le mou-

vement vertical de va-et-vient est imprimé au cadre par une bielle centrale ou mieux par deux bielles latérales, qui reçoivent leur mouvement d'un arbre à manivelle, situé soit au-dessous, soit au-dessus du cadre. Quand l'arbre principal de la machine est au-dessous, on est le plus souvent obligé d'établir une fosse en contre-bas du sol, et on agit ordinairement sur la traverse inférieure, de façon à ne pas s'exposer à faire fléchir les lames (Bolinder); dans le cas contraire, on évite l'établissement de la fosse, mais l'on risque de détendre les lames. Cependant M. Kirchner place la commande à la partie inférieure, sans fosse, et les deux bielles attaquent le cadre porte-lame à son extrémité supérieure, de façon à conserver une longueur suffisante et ne pas avoir une trop grande obliquité; MM. d'Espine-Achard, M. Jametel, placent la commande dans les mêmes conditions et attachent la bielle au milieu du châssis; dans ces différents cas, il faut, pour éviter de détendre les lames, augmenter la rigidité du cadre.

Un volant est nécessaire pour régulariser le mouvement, à cause de l'inégalité de résistance des diverses couches ligneuses et du mouvement alternatif de l'équipage; M. Kirchner emploie deux volants qui se placent vers les extrémités de l'arbre moteur pour communiquer directement le mouvement aux bielles.

Avancement du bois. — D'une façon générale, le bois avance quand l'outil descend; c'est Bentham qui, le premier, paraît avoir indiqué cette disposition comme préférable, en ce sens qu'elle répartit également le travail sur toutes les dents de la scie, et qu'elle n'exige pas l'inclinaison de la denture pour le retour.

La bille de bois est souvent griffée sur un chariot qui porte une série de roues à rebords reposant sur des rails; la partie inférieure du chariot est munie d'une crémaillère engrenant avec un pignon, qui reçoit un mouvement de l'arbre à manivelle par l'intermédiaire d'une roue à rochet et d'un cliquet.

Lorsque l'appareil ne comporte qu'une lame, la scie agit sur le côté (d'Espine-Achard, Jametel) et le chariot longitudinal est surmonté d'un second chariot qui peut recevoir un mouvement transversal à la main pour régler l'épaisseur des planches et leur division; ce mouvement transversal est, en général, donné au moyen de 3 poupées commandées par des vis; ces trois poupées avancent simultanément par le moyen d'une chaîne sans fin. Dans la machine de M. Jametel, qui est disposée pour l'emploi de scies dentées dans les deux sens, l'avancement du chariot, au lieu de se faire d'une façon alternative, s'effectue d'une manière continue au moyen d'un ensemble de poulies en cône avec double engrenage à friction.

Lorsque l'appareil comporte plusieurs lames, les scies agissent entre les longrines du chariot, qui ne sont alors reliées qu'à leurs extrémités et portent chacune une crémaillère, dont le pignon de commande est monté sur un même arbre.

Un des organes les plus coûteux d'une scierie est certainement le chariot, qui, de plus, se prête mal au débitage de bois de dimensions considérables. Un procédé d'amenage qu'on rencontre fréquemment aujourd'hui, qu'il s'agisse de débiter les grumes, à la condition toutefois qu'elles ne soient ni tordues ni défectueuses, ou de réduire des

madriers en planches, repose sur l'emploi de rouleaux; il semble avoir son origine dans la combinaison, perfectionnée depuis, par laquelle M. de Manneville parvint, vers 1830, à débiter dans le sens naturel des fibres des bois courbes préalablement équarris sur leurs faces extérieures, en plaçant librement la pièce sur une file de rouleaux d'appui horizontaux et l'obligeant à cheminer vers l'équipage de lames de scie, au moyen de deux cylindres verticaux tournant sur eux-mêmes, disposés en avant et le plus près possible de ces lames.

Dans les scieries pour bois en grumes, l'amenage a lieu au moyen de quatre rouleaux dentés horizontaux, deux inférieurs et deux supérieurs; les rouleaux inférieurs sont

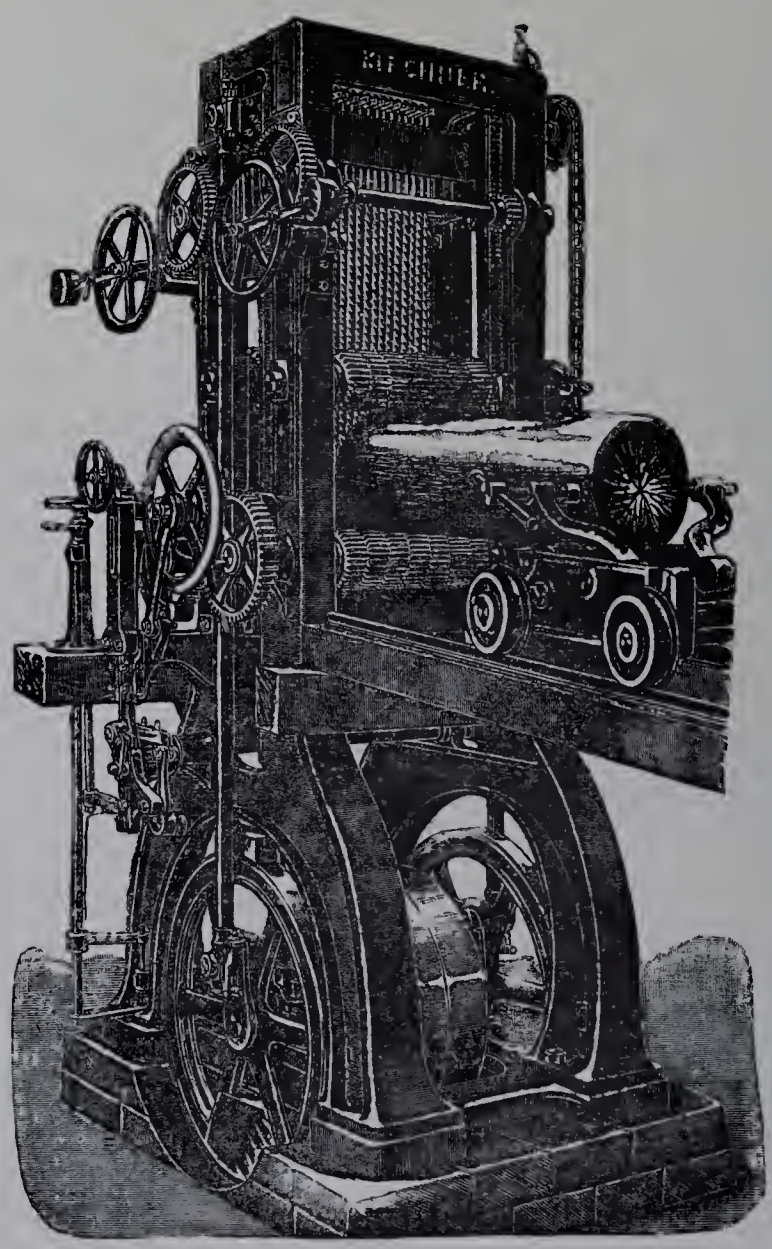


Fig. 241. — Scie verticale alternative à plusieurs lames (Kirchner).

généralement fixes en position et animés d'un mouvement lent de rotation au moment où l'amenage doit se produire; les rouleaux supérieurs sont, au contraire, mobiles et tantôt concourent à l'amenage (d'Espine-Achard, Kirchner, Kappel), tantôt ne servent qu'à presser la bille (Bolinder, Sköfde).

Des machines, exposées par la société Sköfde et les ateliers de construction de Kappel, sont facilement transportables et ne nécessitent pas de fondation; pour les employer,

on n'a qu'à caler ou même à supprimer les roues et à monter sur madriers les rails sur lesquels roulent les wagonnets portant le bois.

Lorsqu'il s'agit de débiter les madriers en planches, c'est-à-dire lorsqu'on a déjà au moins une face dressée à la scie, l'amenage a lieu au moyen de cylindres, comme dans la machine de M. de Manneville; on pose simplement le bois sur de petits rouleaux, en le maintenant sur les faces latérales par des cylindres verticaux, les uns lisses ou cylindres de pression, les autres cannelés servant à faire avancer le bois; les premiers sont adaptés à une poupée mobile et soumis à l'action d'un contrepoids, les seconds reçoivent un mouvement lent de rotation de l'arbre principal de la machine et entraînent la pièce de bois quand la scie descend (Ransome, Guilliet).

L'avance varie avec la netteté du travail exigé et la résistance du bois au sciage; cette résistance augmente avec la voie, la dureté du bois, le nombre de lames en action, etc. Les scies donnent de 100 à 250 coups par minute et l'avance peut être : pour les grumes, de 1 à 5 millimètres par coup dans le bois dur, de 4 à 10 millimètres dans le bois tendre; elle est un peu plus forte lorsqu'il s'agit de refendre des madriers.

On se contente souvent de mettre six ou huit lames au châssis pour obtenir des grumes de grands plateaux, qui sont ensuite équarris à la scie circulaire, puis engagés dans une scierie à cylindres pour être divisés en planches; les constructeurs prévoient cependant le cas où une quinzaine de lames seraient simultanément montées sur un même châssis et permettraient de fendre un arbre en autant de planches.

Scies alternatives dites « Sauteuses ». — Nous citerons les petites scies alternatives dites « sauteuses » destinées à découper les bois suivant les courbes de toutes formes et à faire les découpages intérieurs. La lame est attachée par sa partie supérieure à un appareil de tension, dont les dispositions varient avec le constructeur, et par sa partie inférieure à l'extrémité d'une bielle actionnée par un plateau manivelle ou un arbre coudé. Différentes machines de cette nature marchant au pied ou au moteur étaient présentées par M. Tiersot; MM. Fay et Egan exposaient un modèle plus fort, dans lequel l'appareil de tension consiste en un support en croix, qui est fixé d'une part à la scie et d'autre part aux extrémités de deux ressorts à lames d'acier, et dont la tête est guidée dans une glissière. Enfin MM. Guilliet construisent également une petite machine à découper, dans laquelle la tension de la scie s'obtient par l'aide d'une courroie et d'une poulie mobile placée à l'arrière du bâti; cette dernière disposition assure une tension uniforme de la lame; nous l'avons déjà rencontrée dans la scie à couper les tôles métalliques de MM. Panhard et Levassor.

Machines à scier, à trancher ou à dérouler les bois de placage. — Jusqu'en 1814, le débit des feuilles de placage s'opérait en France à la scie horizontale à bras, avec un déchet de bois et des prix de revient considérables; ce fut vers cette époque que M. Cochot établit et propagea son ingénieux système de scieries à mouvement alternatif horizontal avec chariot vertical porte-pièce, muni d'un mouvement ascensionnel discon-

tinu et d'un déplacement parallèle vers la scie, de façon à donner l'épaisseur convenable à la feuille de placage; grâce aux dispositions adoptées, on put ainsi obtenir une grande perfection dans le dressage et dans l'égalité d'épaisseur des feuilles, dont le nombre put être porté à 20 au pouce (0 m. 027). M. Jametel expose une machine de cette espèce, dans laquelle la scie possède une denture lui permettant de couper dans les deux sens, et le mouvement vertical d'avance est continu.

Un autre procédé pour débiter les bois en feuilles minces, mais présentant l'avantage de ne pas donner de déchets appréciables, réside dans l'emploi d'outils dits « à trancher », agissant soit à plat, suivant un plan, soit circulairement, en déroulant la pièce de bois de la circonférence au centre comme une spirale. Les premières tentatives de ce genre sont déjà anciennes, mais les machines à trancher à plat ne paraissent être entrées dans la pratique que vers 1850; la pièce est montée sur un chariot horizontal et l'outil, qui est constitué par une lame mince avec contrefer, se présente normalement, ou mieux, si la largeur est importante, obliquement à la direction du chariot. Toutefois l'opération doit être conduite avec quelques précautions : il est en effet indispensable, pour préparer le bois à l'action du couteau tranchant, de le soumettre à l'action de la vapeur dans une étuve; le degré d'étuvage doit donc être étudié avec soin, l'affûtage des lames doit varier suivant les essences et enfin le séchage doit être surveillé avec la plus grande attention; par contre, les machines de cette nature procurent une économie considérable de matière, car on peut arriver ainsi à tirer de 100 à 150 feuilles dans 0 m. 027 d'épaisseur. Cependant on ne saurait nier que l'étuvage, joint à l'effort du tranchant du couteau, fatigue les fibres du bois, surtout pour certaines essences, l'acajou, par exemple, et lui retire quelques-unes de ses qualités. Mais, pour d'autres essences, le noyer, l'érable, les feuilles ainsi obtenues sont employées avantageusement dans la plupart des cas.

Le principe des machines à dérouler a son point de départ dans un brevet d'invention délivré en 1826 à M. Pape, facteur de pianos, à Paris, et leur réussite semble avoir précédé celle des machines à trancher à plat; leurs avantages sont manifestes lorsqu'on opère, par exemple, sur des petits bois, pour le débitage desquels le couteau alternatif donnerait des feuilles trop petites; de plus, la feuille déroulée présente toutes les nuances du bois, ce qui donne une grande valeur au placage, en particulier pour l'érable.

M. Jametel et la Société de construction de Kappel présentaient une *dérouleuse,* dans laquelle la pièce de bois est débitée sans interruption sur toute la longueur à la fois et cylindriquement; les couteaux, sortes de rabots qui opèrent le tranchage, sont fixes, et c'est le bois qui est mobile, c'est-à-dire qu'il tourne sur lui-même pour se présenter au tranchant de l'outil, tandis que celui-ci n'avance que très lentement, pour se tenir constamment à la position exacte pour faire l'épaisseur.

Machines à action directe de la vapeur pour abattre ou tronçonner les arbres. — L'idée de scier mécaniquement les arbres sur pied est déjà ancienne; nous rappellerons à ce sujet les machines à volants et à manège que M. Hacks livrait à l'industrie dès 1820. Aujourd'hui, la vapeur et l'électricité permettent de transmettre facilement la force à

distance et sont utilisées pour l'abatage des arbres dans les forêts; nous pouvons citer, comme exemples, les deux machines exposées par M. Ransome, savoir : une scie à vapeur pour abattre les arbres et une scie à vapeur pour tronçonner les grumes.

L'*abatteuse* se compose d'un cylindre à vapeur de petit diamètre et de longue course, attaché à un bâti léger en fer forgé, sur lequel il est monté de manière à pivoter sur son centre; le mouvement de pivotage est transmis au moyen d'une roue à main, qui fait tourner une vis engrenant avec un segment fendu à l'arrière du cylindre. La scie est fixée directement au bout de la tige du piston, dont on dirige le mouvement au moyen de guides, et les dents sont disposées de manière à ne couper que pendant le mouvement arrière du piston; de cette façon, on peut se servir de scies de 2 m. 50 à 3 mètres de longueur sans appareil de tension, le trait étant suffisant pour guider la scie en ligne droite. La vapeur est fournie à l'abatteuse au moyen d'une petite chaudière portative, par un conduit métallique de vapeur fort et flexible; la chaudière peut donc rester à la même place, jusqu'à ce que la machine ait coupé tous les arbres dans un rayon déterminé par la longueur du conduit de vapeur. L'installation de la machine est

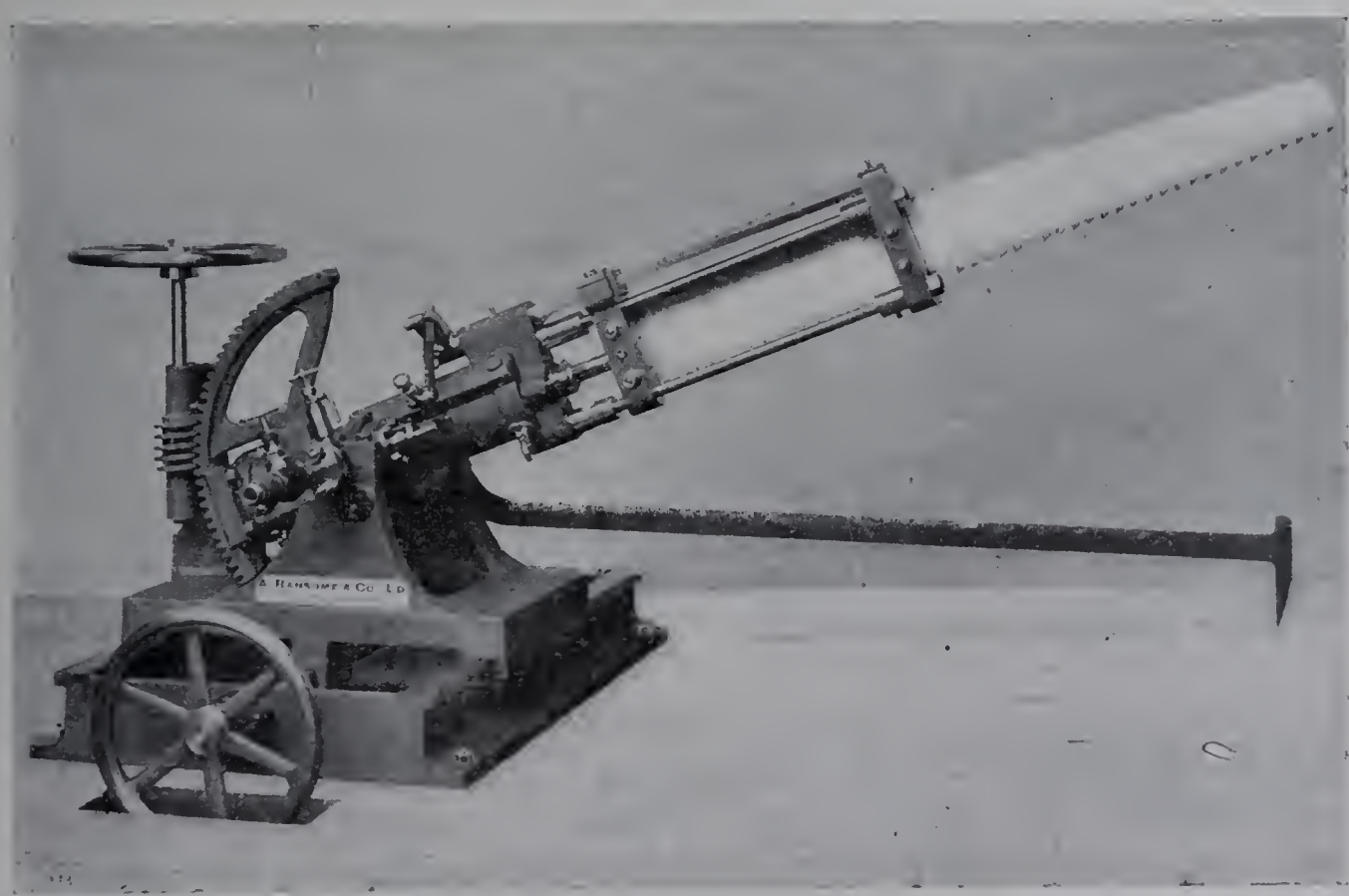


Fig. 242. — Scie à vapeur pour tronçonner les grumes (Ransome).

des plus simples, on la pose à côté de l'arbre qu'on veut abattre et on la fixe, au moyen d'une vis, à une barre d'acier qui est enfoncée dans l'arbre à coups de marteau; quand on veut couper en travers, on la fixe par un chien accrocheur pivotant sur le bâti.

La *scie à vapeur pour tronçonner les grumes* est destinée aux scieries mécaniques; elle diffère de la scie en usage dans les forêts, en ce qu'elle a un bâti plus lourd qui lui permet de fonctionner à grande vitesse sans vibration et qu'elle est fixée sur une courte

plaque à coulisse, sur laquelle elle peut être mue facilement dans le sens de la longueur de la grume au moyen d'une roue à main.

II. SCIERIES CIRCULAIRES.

Sans insister sur l'attribution qui parfois a été faite au célèbre Hook de l'invention de la scie circulaire, ainsi que de la fraise, nous rappellerons que Samuel Bentham, dans la patente qui lui fut délivrée, le 23 avril 1793, parle de l'emploi de scies circulaires à lames minces d'acier pour couper rectilignement, perpendiculairement ou obliquement des morceaux de bois sur un banc d'établi fendu et muni de guides mobiles parallèlement à la scie. Toutefois le général Poncelet doute que ces engins aient reçu à cette époque la sanction de l'expérience, et il lui paraît plus probable que l'invention est due à l'ingénieur Brunel, originaire de Normandie, passé plus tard au service de l'Angleterre, auquel on octroya, en février 1801, une nouvelle patente sur des objets similaires. Dans l'intervalle, l'ingénieur Albert, de Paris, avait pris, en septembre 1799, un brevet d'invention pour des *scies sans fin,* composées de plusieurs segments de cercle en acier, dentés, serrés entre d'autres segments circulaires en tôle de fer, montés sur un arbre horizontal et tournant au travers de la pièce de bois posée et conduite sur un chariot. Mais il n'est pas présumable que Brunel ait eu connaissance des travaux d'Albert, étant données surtout les difficultés de sa situation pour rentrer en France; d'ailleurs, il continua à perfectionner la scie circulaire; il s'en servit non seulement pour tronçonner, mais pour couper des corps d'arbres et l'amena propressivement à un état voisin de celui où nous la trouvons aujourd'hui; c'est donc bien lui qui semble devoir bénéficier du mérite de l'invention.

Les scieries circulaires sont généralement simples; elles se composent de l'outil, qui est formé d'un disque d'acier denté monté sur un arbre presque toujours horizontal, et du support de bois qui peut être constitué par un chariot, mais le plus souvent par une table avec amenage à rouleaux ou à la main.

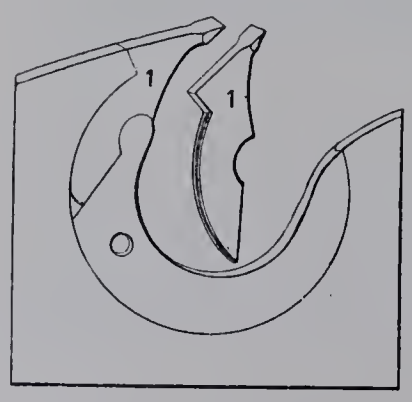


Fig. 243.
Dent rapportée (Atkins).

Les scies circulaires, dont la denture est la même que celle des dents droites, se font quelquefois avec des dents rapportées, c'est-à-dire encastrées au bord de la lame. La dent rapportée se compose généralement de deux parties, la pointe et la queue dont les dos sont concentriques (Atkins) ou excentrés l'un par rapport à l'autre (Simonds M. C.) [fig. 243 et 244].

Les deux pièces portent une rainure en V qui leur permet de s'ajuster sur une rainure également en V de la lame; l'encastrement et le décastrement se font à l'aide d'une clef spéciale.

Les disques, dont l'épaisseur est quelquefois renforcée dans la partie centrale, sont percés d'un trou qui permet de les monter sur leur arbre, et l'entraînement a lieu par le

serrage entre deux plateaux, mais il est quelquefois facilité par un petit ergot qui s'engage dans un logement correspondant du disque.

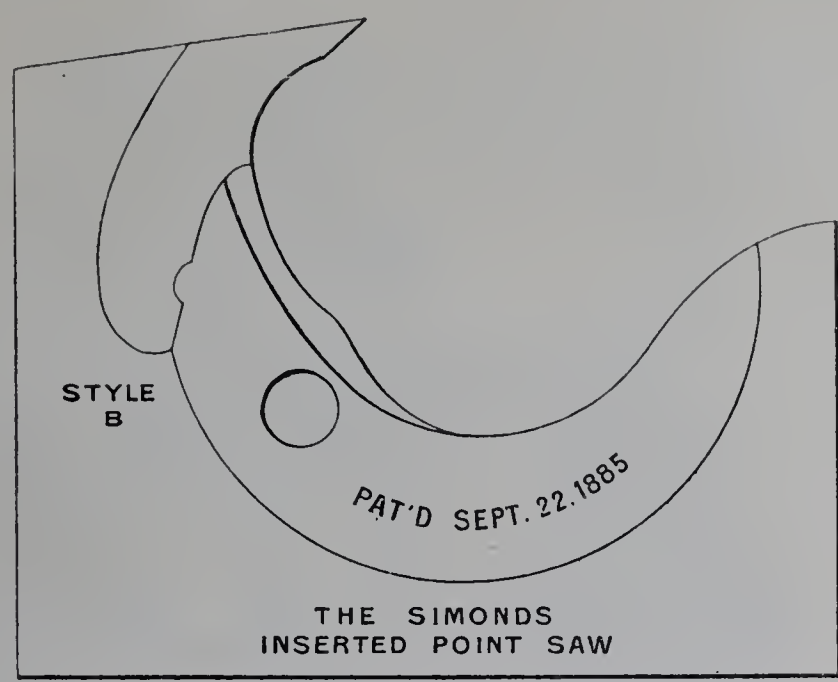


Fig. 244. — Dent rapportée (Simonds).

L'arbre en acier tourne dans des paliers cylindriques longs, garnis de métal antifriction (Fay et Egan) ou en bronze phosphoreux; il est quelquefois muni d'un mandrin extensible qui permet de recevoir des scies dont les ouvertures peuvent varier jusqu'à 12 millimètres (Fay et Egan).

La vitesse circonférentielle des dents atteint 2,400 à 3,000 mètres à la minute.

Les constructeurs se sont préoccupés de munir leurs scies d'appareils protecteurs. Ces appareils consistent le plus souvent en un chapeau qui recouvre la scie et qui, d'une part, est articulé à un axe de rotation, et, d'autre part, repose sur la table par l'intermédiaire d'une flasque mobile, qui se lève lorsqu'on introduit la pièce de bois et retombe lorsque le sciage est effectué (Fay et Egan, Kirchner). Le chapeau employé par MM. Panhard et Levassor recouvre complètement la scie et possède deux flasques mobiles à l'avant et à l'arrière, de telle sorte que la partie de la lame qui ne travaille pas est toujours recouverte.

MM. d'Espine-Achard et Cie font usage d'un protecteur qui se replie comme un garde-feu, quand le bois passe, et qui se déplie ensuite en retombant.

Aucune scie circulaire n'était disposée pour le débitage des grumes; les plus forts modèles étaient destinés à refendre et dédoubler, et étaient munis d'amenages à cylindres verticaux. Le support, sur lequel coulissent les chariots qui portent les cylindres d'entraînement, peut être disposé de façon à pouvoir osciller par rapport au bâti de la machine, de façon qu'on puisse scier ou refendre une pièce de bois suivant n'importe quel angle (Fay et Egan), ou encore, les cylindres d'amenage et les cylindres compresseurs sont installés à des angles différents pour le sciage de planches plus minces à l'un des rebords qu'à l'autre (Bolinder, Société de Jonsered).

Dans un modèle plus simple de MM. Panhard et Levassor, le chariot est formé de deux tôles ajustées dans des coulisseaux réglables, et l'avancement se fait automatiquement

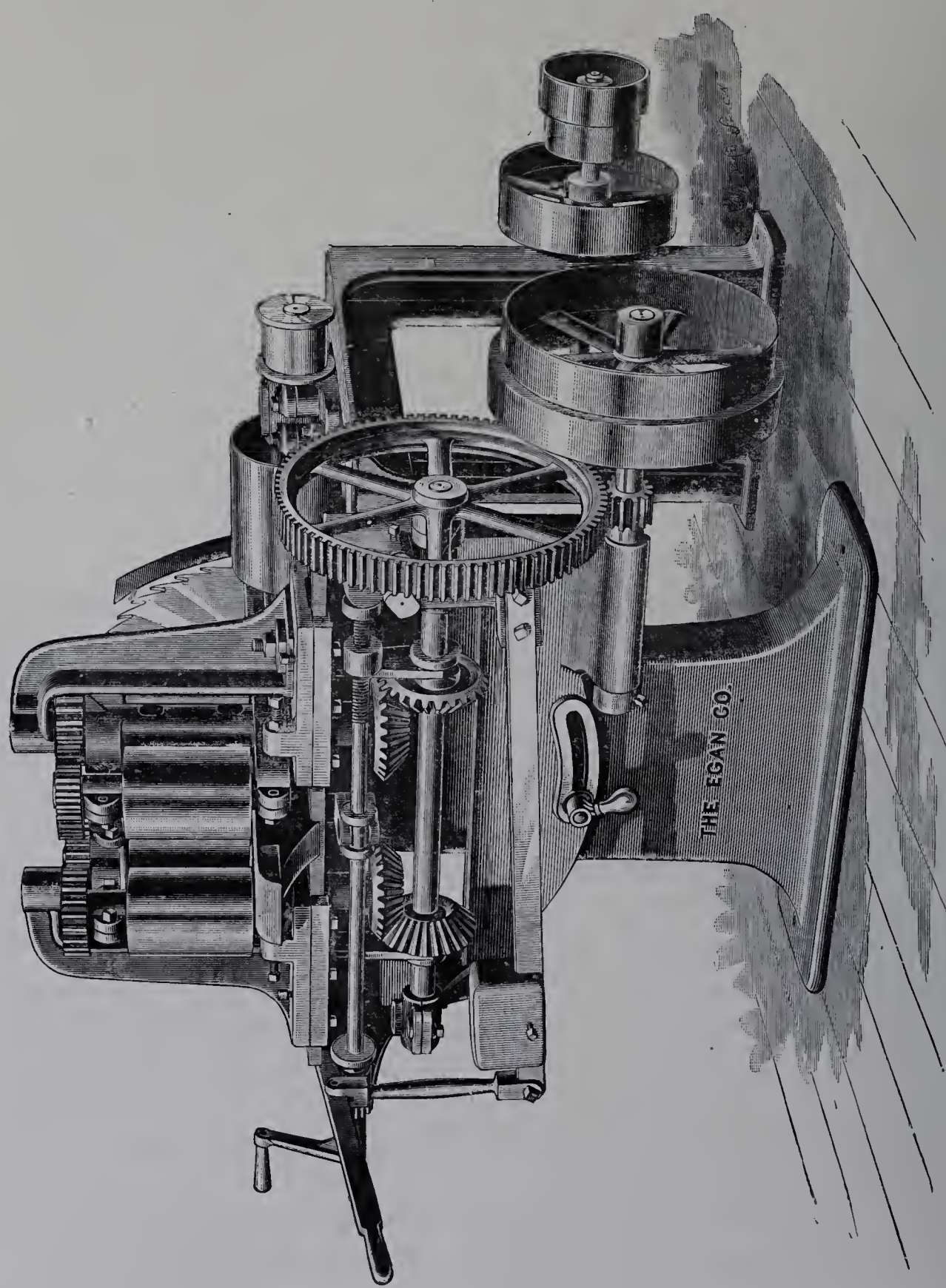


Fig. 245. — Scie circulaire à dédoubler, avec rouleaux d'amenage inclinables (Fay et Egan).

avec retour très rapide; un guide pouvant se régler rapidement permet de scier aux épaisseurs voulues.

M. Robinson construit une machine à tronçonner et à couper les onglets, dans laquelle la scie est montée sur un chariot mobile attiré par une courroie qui s'enroule sur l'arbre de commande; la mise en mouvement a lieu à l'aide d'un galet de friction

par la pression du pied sur une pédale; en abandonnant la pédale, la scie recule vivement sous l'influence d'un contrepoids.

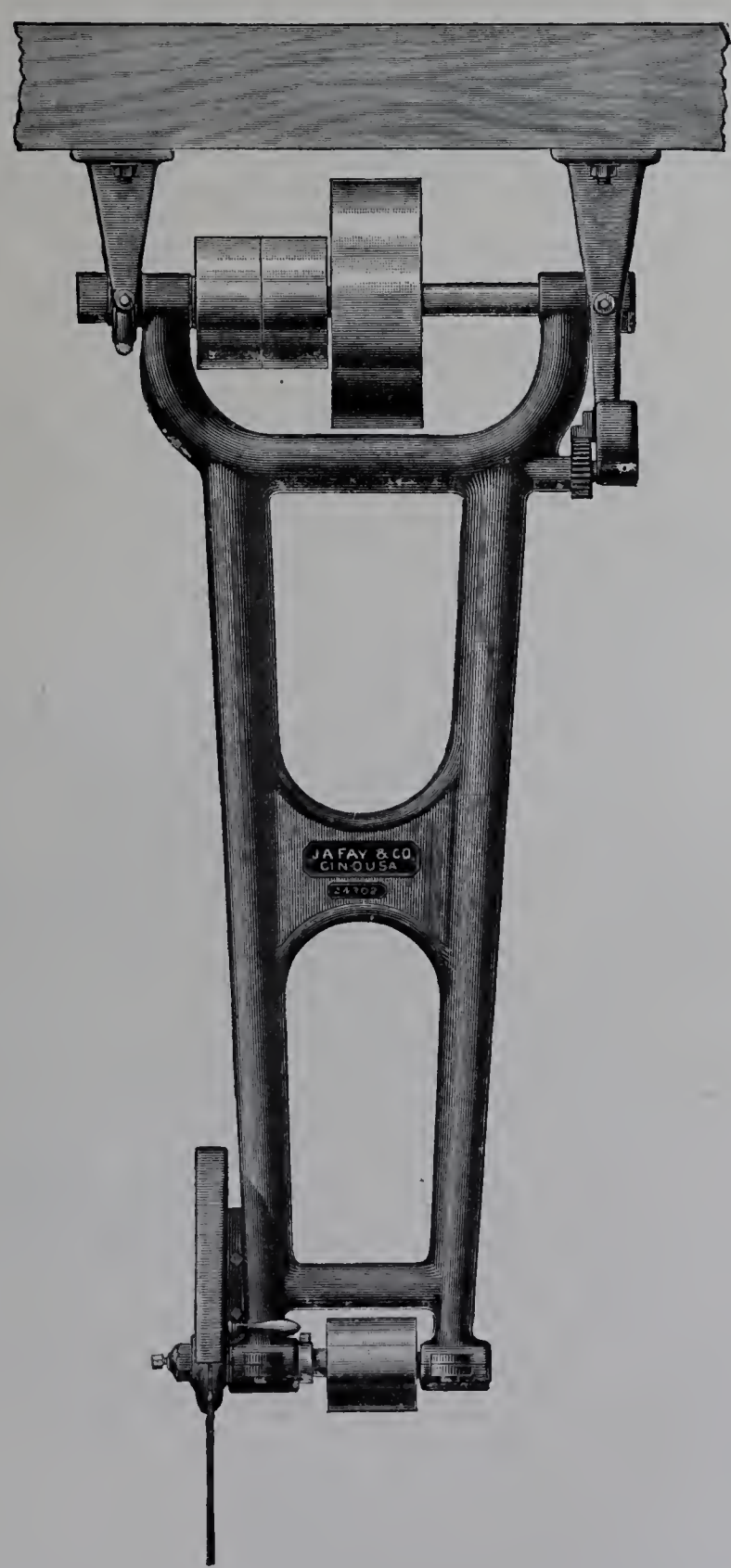


Fig. 246. — Scie circulaire à tronçonner, à balancier (Fay et Egan).

Enfin d'autres modèles, destinés surtout aux travaux de menuiserie, n'ont pas d'avance automatique et ne comprennent que l'appareil de sciage, une table horizontale généralement inclinable et un guide; la table peut monter et descendre de façon à ne laisser apparaître que la hauteur de scie indispensable (Fay et Egan, Guilliet, Kirchner), mais

quelquefois c'est l'arbre qui est mobile en hauteur de façon à ne pas changer le niveau de travail de l'ouvrier (d'Espine-Achard).

Les scies circulaires à balancier, dont un spécimen était exposé par MM. Fay et Egan, paraissent d'un emploi pratique pour raccourcir et tronçonner des pièces de bois. Le bâti est suspendu à l'axe même du renvoi, qui, en forme de charnière, est le point de suspension. Il porte à sa partie inférieure l'arbre et la scie et à sa partie supérieure un contrepoids qui vient en aide à l'opérateur et fait revenir la scie à son point de départ aussitôt que le tronçonnage est terminé.

III. SCIERIES À LAME SANS FIN.

On trouve une première tentative de scierie à lame sans fin, mince et assez flexible pour envelopper une paire de grands rouleaux tournant sur des axes parallèles, dans une machine qui fut inventée par M. Touroude, ancien inspecteur des eaux de Paris, pour le débitage des petites planchettes hélicoïdes ou gauches de la vis d'Archimède à épuisement, et qui fut déposée au Conservatoire des Arts et Métiers en septembre 1811. Ce ne fut toutefois qu'à l'exposition de 1855, que les scies à lame sans fin apparurent pour la première fois dans des conditions pratiques, grâce aux perfectionnements apportés par M. Perrin, le fondateur des établissements Panhard et Levassor.

Le type général n'a pas changé; il comporte un bâti généralement en forme de col de cygne supportant deux poulies de grand diamètre sur lesquelles la lame est tendue, l'inférieure mue mécaniquement, la supérieure folle, avec amenage automatique et chariot diviseur pour le débitage des grumes, avec amenage à rouleaux pour dédoubler et refendre, ou avec une simple table pour recevoir l'ouvrage dans les travaux de débitage et de menuiserie à la main. Les poulies porte-lames qui généralement étaient en fonte sont plus généralement aujourd'hui en fer creux ou en bois cerclé d'acier avec jantes en acier; elles sont ainsi plus légères et mieux équilibrées; toutefois certains constructeurs continuent à faire la poulie inférieure en fonte et pleine, de façon à rendre l'entraînement plus régulier et à éviter le soulèvement de la poussière. Les diamètres varient de 0 m. 60 à 2 mètres suivant l'importance du travail que la scierie doit effectuer. Sauf dans les petits modèles, qui ne prennent d'ailleurs que peu de force et dans lesquels il est nécessaire d'avoir un grand espace entre la lame et le bâti pour pouvoir chantourner, les poulies porte-lames sont placées sans porte-à-faux. Les portées de l'arbre sont longues et cylindriques et tournent dans des paliers à rotules avec coussinets en bronze phosphoreux (Panhard et Levassor, d'Espine Achard, Guilliet, Kirchner), ou en métal antifriction (Fay et Egan, Jonsered) avec graissage à mèche (Kirchner) ou à bague (Kirchner, Guilliet), et butées longitudinales aussi rapprochées que possible (Guilliet).

Presque tous les constructeurs ont supprimé les joues des poulies porte-lames, qui d'ailleurs n'avaient d'autre raison d'être que d'empêcher accidentellement la chute du ruban, puisque, dans une bonne marche de l'outil, le dos de la scie ne doit jamais s'y appuyer; ils ont également supprimé la garniture en caoutchouc, sauf quand la scie

peut être employée à chantourner, mais alors il devient indispensable de pouvoir facilement régler et niveler la direction des deux volants et de guider la lame de scie aussi près que possible du point où elle travaille.

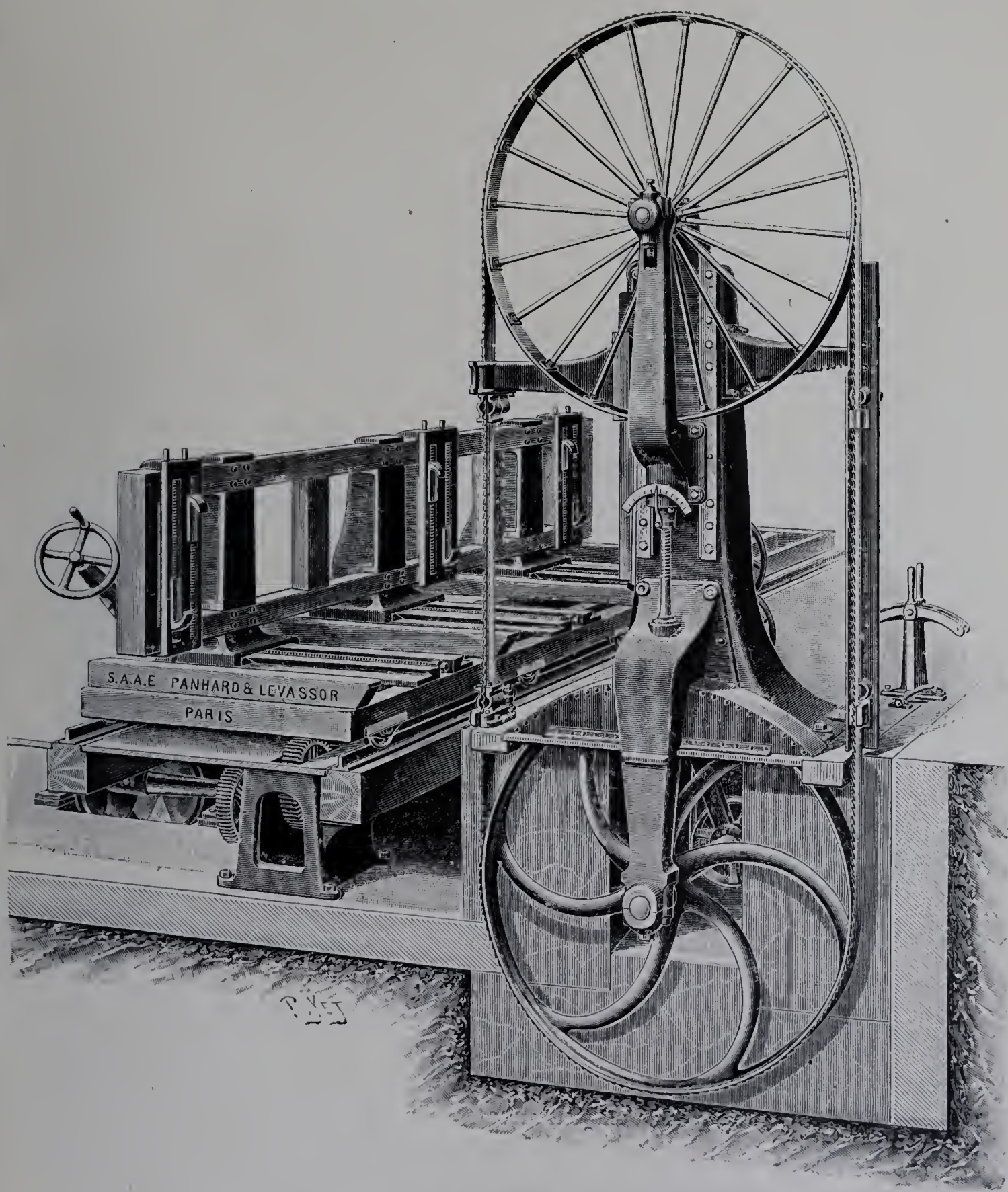


Fig. 247. — Scie à ruban pour bois en grume (Panhard et Levassor).

Le réglage du parallélisme des axes des volants s'exerce en général sur la poulie folle (Panhard et Levassor, Guilliet, Messain, Pesant, Fay et Egan, Kirchner, Kappel, Jonsered)

IMPRIMERIE NATIONALE.

par articulation du tourillon porte-poulie ou d'une plaque qui la supporte; dans les systèmes sans porte-à-faux, où la poulie est supportée par deux paliers situés aux extrémités d'une fourchette, cette fourchette est articulée par un tourillon avec le chariot, tandis qu'en bas elle porte une vis de réglage manœuvrée par un volant.

Le guide-lames, qui pendant longtemps a consisté en un simple taquet en bois fendu par un trait de scie, comprend, dans la machine Fay et Egan, deux plaques en acier, qui peuvent être écartées à la demande de la lame, en arrière desquelles se trouve une molette en acier dur sur laquelle la lame ne doit venir porter que lorsqu'elle refuse de couper et a, par conséquent, besoin d'être affûtée. M. Ransome appuie le dos de la lame sur une molette qui roule sur des billes en même temps qu'il la guide latéralement par deux tasseaux en bois dur fixés sur le devant de l'appareil; M. Kirchner emploie une roulette formée de trois disques en acier, celui du milieu d'un diamètre plus petit que les deux autres, et les disques latéraux maintenus par des capuchons en caoutchouc, de façon à pouvoir céder aux déviations latérales de la lame; c'est également une roulette d'acier présentant sa tranche verticale qui, dans certaines machines Guilliet, empêche la lame de reculer dans le cas où l'on pousserait le bois trop brusquement, etc... La fabrique de Jonsered, partant de cette idée que l'endroit le plus favorable pour la coupe de la scie est immédiatement situé sous le point où cette dernière quitte la poulie supérieure, donne un déplacement vertical à l'ensemble des poulies et de la lame et supprime le guide.

La tension de la lame est obtenue par le déplacement du chariot qui porte la poulie supérieure, à l'aide d'un volant et d'une vis dont l'écrou est suspendu par un système de leviers et de contrepoids (d'Espine Achard, Pesant, Fay et Egan), ou de ressorts (Panhard et Levassor, Guilliet), qui permettent de maintenir constamment la tension convenable; le degré de cette tension est quelquefois indiqué par une aiguille (Panhard et Levassor). Dans une scie à ruban pour la menuiserie, M. Kirchner donne à la poulie du haut un diamètre un peu supérieur à celui de la poulie du bas et espère obtenir ainsi une meilleure tension de la lame.

Les lames sont formées par un ruban d'acier dont les extrémités sont généralement brasées et dont le bord est denté; leur épaisseur doit être en rapport avec le diamètre des poulies sur lesquelles elles s'enroulent; trop épaisses, elles fatiguent dans leur flexion, ce qui peut amener des ruptures; trop minces, elles ne sont pas assez rigides; MM. Panhard et Levassor admettent des épaisseurs qui varient de $0^{m}/^{m}6$ à $1^{m}/^{m}8$ suivant le diamètre des poulies. Pour les scies employées au chantournement, la largeur est déterminée d'après les courbes que l'on veut exécuter; s'il s'agit de faire du sciage droit à la main, cette largeur est fonction de la dimension et de l'épaisseur des bois que l'on doit scier; mais si les scies sont employées au débit de bois en grumes et au dédoublage des madriers et des plateaux, leur plus grande largeur, d'après les mêmes constructeurs, sera approximativement de $\frac{1}{18}$ du diamètre des poulies.

Quant à la denture, on adopte, pour les scies employées au chantournement et au

sciage droit, des dents mariées dont l'écartement varie avec la largeur de la lame, pour le sciage des bois en grume et le dédoublage des madriers et des plateaux, des dentures à gencives ou des dentures à crochets, suivant qu'il s'agit de bois durs ou de bois tendres.

La vitesse donnée aux rubans en France est de 1,200 à 1,500 mètres à la minute et l'avance de 1 à 3 millimètre par mètre de passage de la lame, pour grumes, et de 2 à 5 millimètres, pour madriers; mais nous avons constaté, dans la scie à lame sans fin pour grumes de MM. Fay et Egan, une vitesse de 2,400 mètres à la minute avec une avance de 10 millimètres dans le sapin.

Dans *les scies destinées au débitage des grumes,* les poulies sont le plus souvent supportées sans porte-à-faux par une colonne fortement boulonnée sur le socle et évidée à la partie supérieure de façon à former la glissière dans laquelle peut monter ou descendre la poulie porte-lame supérieure. La machine comporte un chariot d'agrafage le plus souvent rejeté en dehors de la lame, avec mouvement transversal pour la division, comme dans les scies alternatives, mais ici le mouvement d'avance est continu et fréquemment obtenu par plateaux de friction, avec retour rapide; le bâti du chariot est souvent en bois de façon à lui conserver une certaine élasticité (Fay et Egan, Panhard et Levassor). Pour le débitage des bois durs et le sciage des grumes en deux ou en quatre, M. Kirchner et M. Beel disposent le ruban horizontal et placent le bois à plat sur le chariot.

Dans les scieries à dédoubler et à refendre, nous retrouvons la disposition à colonne pour supporter les poulies (Fay et Egan, Kirchner), et l'amenage à rouleaux avec cylindres compresseurs et contrepoids et commande par plateaux de friction.

Les *scieries destinées aux travaux courants* d'atelier, pour scier, refendre, dédoubler, etc. les petites pièces de bois, ont généralement un bâti en col de cygne, de façon à laisser un espace aussi grand que possible entre ce dernier et la lame; elles comportent une table horizontale et l'amenage est facilité par des cylindres mobiles cannelés horizontaux, dont la partie supérieure affleure la table (Panhard et Levassor), ou même complètement assuré par de petits cylindres, dont le mouvement est transmis par joints à la Cardan et qui agissent par leur partie inférieure sur la pièce de bois qui repose sur la table (Fay et Egan). Un guide de manœuvre permet de donner facilement la dimension voulue et complète la machine.

Enfin, dans les *modèles les plus simples,* destinés aux travaux de menuiserie, au chantournement, etc., les mouvements de la pièce se font à la main sur une table généralement inclinable.

CHAPITRE II.

MACHINES À FAÇONNER LES BOIS DÉBITÉS.

Machines à raboter; porte-outils et outils de rabotage. – Toupies. – Tenonneuses. – Machines à raboter et à moulurer sur quatre faces. – Machines à percer et à mortaiser. – Tours; tours à copier. – Machines destinées à la fabrication des caisses : machines à faire les assemblages, machines diverses servant à la confection des caisses, machines à clouer les caisses; construction des caisses entourées de fil de fer. – Machines diverses : machines à trancher le bois (système Oliver), machines à sculpter, machines à faire la laine de bois, machines à polir et à poncer.

Nous allons successivement passer en revue dans ce chapitre les machines à raboter, les toupies, les tenonneuses, les machines à raboter et à moulurer sur quatre faces, les machines à percer et à mortaiser, les tours, les machines destinées à la fabrication des caisses, et enfin les machines diverses.

MACHINES À RABOTER.

Une des premières opérations à faire subir aux bois, après le sciage, consiste à raboter une face pour la blanchir, la dégaucher ou la tirer d'épaisseur; le travail pourrait être exécuté à l'aide d'outils fixes, comme dans le rabotage des métaux, mais ce procédé a l'inconvénient d'entraîner une consommation de force considérable et il est généralement mis de côté, à moins qu'il ne soit appliqué concurremment avec celui dont nous allons parler et qui consiste à faire usage de lames montées sur un porte-outil et animées d'un mouvement rapide de rotation. C'est ainsi d'ailleurs que, vers la fin du siècle dernier, Bentham, Bramah, et d'autres en Angleterre, puis, vers 1818, M. Roguin, de Paris, avaient tenté de planer, façonner et bouveter les bois de menuiserie. Plus tard, vers 1830, M. Sautreuil, de Fécamp, construisait une machine dans laquelle le tambour à couteaux tournants était fixe, et non plus mobile par translation comme dans la machine Roguin; les planches étaient amenées sous les couteaux au moyen de cylindres adducteurs presseurs. C'est la disposition générale que nous retrouvons aujourd'hui.

Porte-outils et outils de rabotage. — L'outil rotatif est d'ailleurs celui qu'on rencontre dans toutes les opérations de façonnage du bois. L'expérience montre que les couteaux doivent avoir un taillant voisin de 15 à 20 degrés, se présenter sous un angle d'incidence aussi faible que possible et tourner à une vitesse circonférentielle d'environ 600 mètres à la minute, qui correspond, dans la pratique, à une vitesse de 3,000 à 5,000 tours.

Ces couteaux, sous forme de lames plates, sont montés, le plus souvent, au nombre

de deux, sur des porte-outils généralement de section carrée, avec des contre-fers qui ne laissent dépasser le biseau que de quelques millimètres; on se rapproche ainsi des conditions de coupe les plus avantageuses, car la somme de l'angle du taillant et de l'incidence est égale à 45 degrés. Toutefois les lames, lorsqu'elles sont droites, attaquent d'un coup, dans une section perpendiculaire à l'amenage, toutes les fibres, qui seraient d'autant mieux tranchées et séparées qu'on agirait séparément sur chacune d'elles; c'est pour obtenir ce dernier résultat qu'on emploie quelquefois des fers, fixés obliquement sur le porte-outil, auxquels on donne la forme convenable pour reproduire un plan, c'est-à-dire une forme telle que chacun des points de l'arête coupante soit à égale distance du centre; le taillant se trouve donc à l'intersection d'un cylindre droit, de rayon égal à la distance de l'axe au plan à reproduire, et d'un plan déterminé par le dessous de la lame : c'est un arc d'ellipse dont la forme peut être automatiquement donnée sur une machine à affûter.

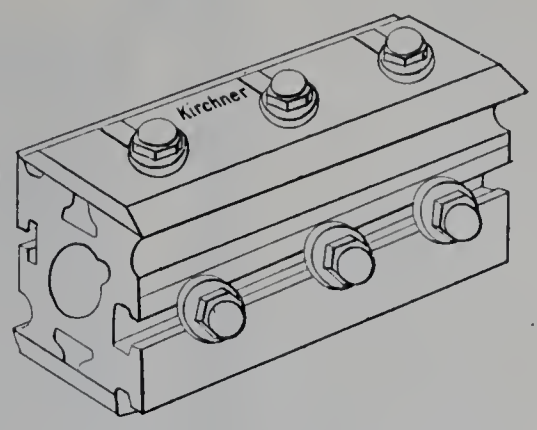


Fig. 248. — Porte-outils à raboter à quatre rainures.

D'autre part, l'ensemble formé par les lames et le porte-outil constitue une masse, qui est animée d'une grande vitesse de rotation et qu'il convient d'équilibrer, de façon à éviter les trépidations et l'usure inutile des coussinets. MM. Fay et Egan, M. Kirchner, M. Robinson, construisent des appareils qui indiquent d'une manière sensible les moindres différences de poids et la partie de la lame qu'on doit entamer pour l'équilibrer. De plus, on vérifie le montage des fers sur les porte-outils, c'est-à-dire le profil et la distance au centre.

Les porte-outils sont montés sur des arbres cylindriques, sur lesquels ils sont maintenus par clavette et rainure. Ces arbres tournent à leurs extrémités dans des coussinets

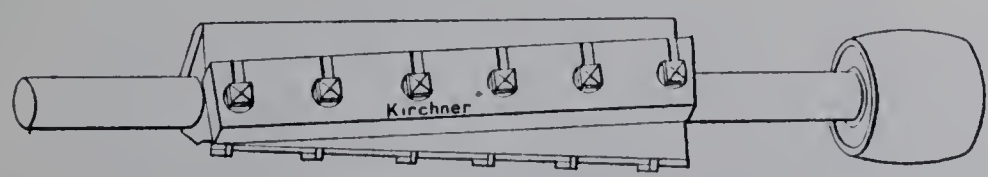


Fig. 249. — Porte-outils à raboter avec fers fixés obliquement.

à longue portée, en bronze ou garnis d'antifriction, le plus souvent cylindriques, quelquefois coniques (Bolinder, Robinson). Le graissage doit être abondant et est obtenu par des graisseurs à mèche ou à bague; parfois, les paliers sont à rotules (Panhard et Levassor, Guilliet).

Machines à dégauchir et à raboter à main. — Ces machines, qui servent à dresser et dégauchir les bois et à les mettre d'équerre, se composent en général d'un bâti en fonte d'une seule pièce sur les plans inclinés duquel peuvent glisser deux tables, l'une d'entrée,

l'autre de sortie, manœuvrées par des volants et pouvant être déplacées verticalement, indépendamment l'une de l'autre; un porte-outil, armé de couteaux, tourne sous ces

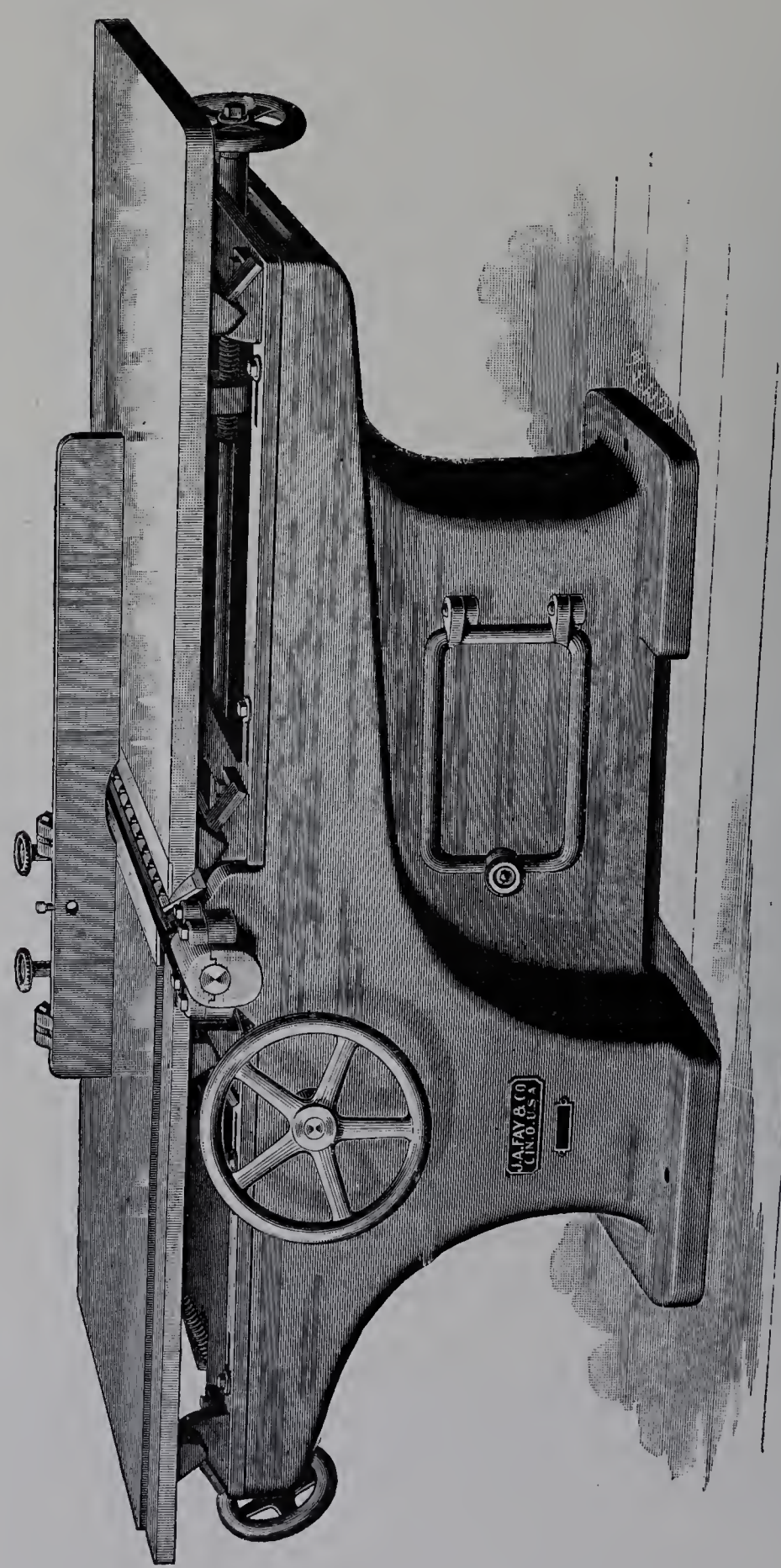


Fig. 250. — Machine à dégauchir et à raboter à main (Fay et Egan).

tables; un guide sert à mettre les bois d'équerre et peut être incliné à tout angle pour faire les chanfreins (Fay et Egan, Guilliet, Ransome).

Pour permettre une plus grande variété de travaux, l'arbre du porte-outil peut être en saillie sur le côté et porter soit une scie circulaire pour scier et couper à

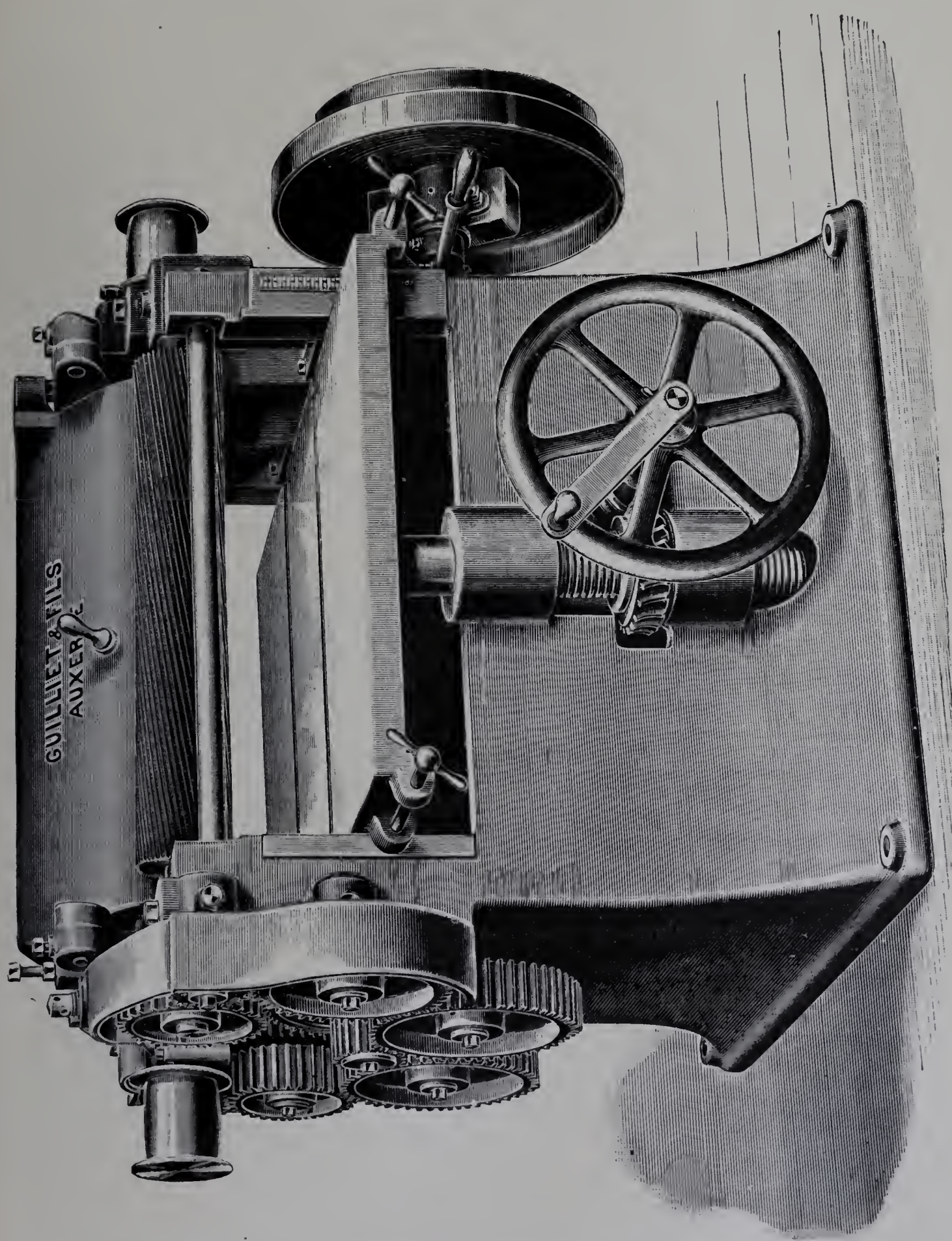


Fig. 251. — Machine à raboter tirant le bois d'épaisseur (Guilliet).

onglets, soit un porte-outil en porte-à-faux pour moulurer, languetter, rainer (Robinson).

Machines à raboter à amenage automatique. — Les pièces de bois, après avoir été dégauchies et mises d'équerre sur les machines dont il vient d'être question, peuvent passer dans une machine à raboter à amenage automatique pour être tirées d'épaisseur; dans ce cas, l'outil agit en dessus et le porte-outil est généralement commandé par une poulie à chaque extrémité. Le bois repose par la face qui a déjà été blanchie sur une table qui peut monter ou descendre verticalement par un mouvement de vis et écrou (Guilliet, Panhard et Levassor, Kappel) ou, comme précédemment, par le glissement de plans inclinés l'un sur l'autre (Fay et Egan, d'Espine, Achard et Cie); une règle graduée et une aiguille indiquent la distance qui existe entre les porte-outils et la table, et par conséquent l'épaisseur que le bois aura une fois travaillé (Fay et Egan, Guilliet).

L'alimentation a lieu par deux paires de rouleaux, puissamment commandés par des engrenages, les inférieurs solidaires de la table et les supérieurs sollicités par des contrepoids; des barres de pression sont placées en avant et en arrière du porte-outil et empêchent le bois de se soulever sous l'action du travail.

Les machines à raboter peuvent être disposées, pour travailler simultanément sur deux faces opposées et par conséquent blanchir les deux côtés à la fois, ou blanchir et tirer d'épaisseur.

Le travail de la deuxième face s'effectue à l'aide d'un deuxième outil horizontal fixé dans la table, mais ayant un ajustage indépendant, de sorte qu'il peut soit monter ou descendre avec elle, soit être monté ou descendu isolément; toutefois les machines ainsi disposées possèdent généralement en même temps des outils à axes verticaux ou toupies qui permettent, avec la combinaison des outils à axes horizontaux, de travailler simultanément les bois sur quatre faces. Avant donc de passer à l'étude de ces dernières, nous allons nous occuper des toupies et de leurs applications.

TOUPIES.

Pour exécuter des moulures sur champ, on fait usage de machines connues sous le nom de *toupies*, qui sont de véritables machines à fraiser, à axe vertical. Sous sa forme la plus simple, la toupie est constituée par une table horizontale pour recevoir l'ouvrage et par un arbre vertical qui la traverse; à la partie supérieure de l'arbre est fixé l'outil, qui est formé de couteaux ayant le profil que l'on veut reproduire. On exécute les moulures courbes en poussant à la main et en appuyant contre l'arbre le bois préalablement chantourné, et les moulures droites en se servant d'un guide additionnel qu'on fixe sur la table.

Dans les machines plus complètes, l'arbre peut être élevé ou abaissé à l'aide d'un volant à main, de façon à placer les fers à la hauteur voulue au-dessus de la table, et l'amenage peut être obtenu mécaniquement par cylindres avec presseurs horizontaux et verticaux (d'Espine-Achard).

La machine peut être double et porter deux arbres verticaux tournant en sens inverse, de façon à présenter la pièce à façonner tantôt à l'une, tantôt à l'autre, suivant le fil du bois; elle peut remplir le même but, tout en étant simple, si elle est munie d'un système de renversement de marche constitué, par exemple, par deux cônes de friction horizontaux qu'une pédale, par l'intermédiaire d'une tringle, met à volonté en contact avec un cône vertical portant la poulie qui commande l'arbre vertical de la toupie, mais alors l'outil doit être disposé pour couper dans les deux sens (Fay et Egan, Smith).

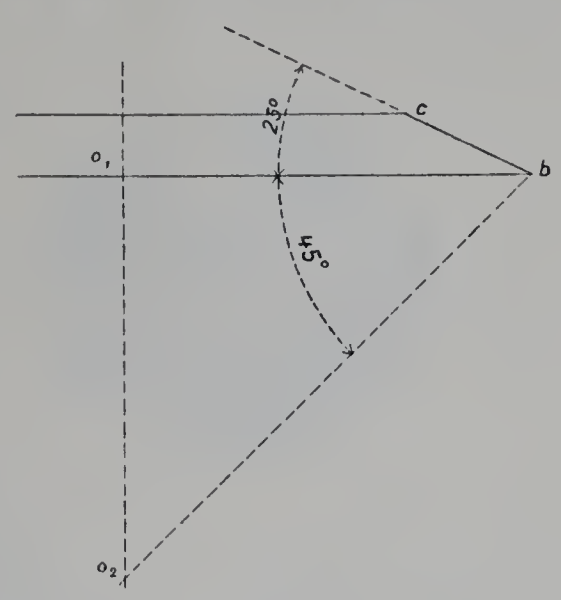


Fig. 252.

On emploie le plus souvent, comme outil, des lames d'acier profilées avec biseau de 25 degrés environ, qu'on fraise au profil voulu suivant le plan *bc*; ces lames peuvent être fixées à l'aide d'une vis dans une mortaise pratiquée à la partie supérieure de l'arbre; dans ce cas, elles tournent autour d'un point O_1 et les conditions de coupe sont peu favorables; elles peuvent également être serrées entre deux rondelles à rainures ou être fixées sur

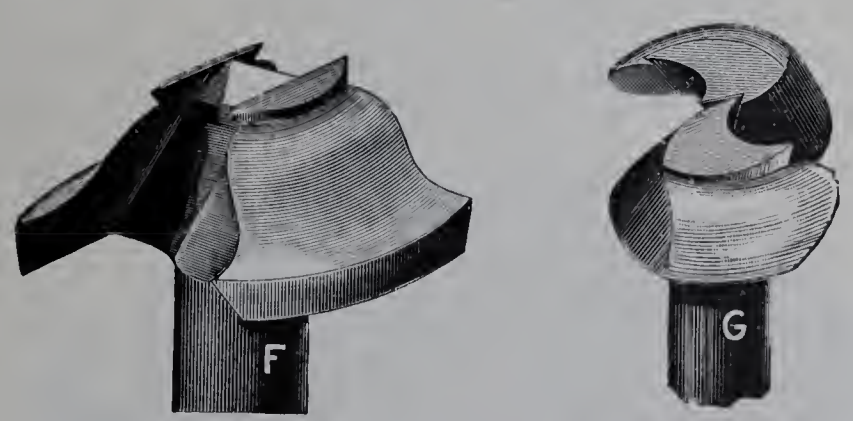


Fig. 253. — Outils profilés pour toupies (Fay et Egan).

des porte-outils carrés, comme les outils de machines à raboter, et alors elles tournent autour d'un point O_2 et travaillent dans de meilleures conditions (fig. 252).

Lorsqu'on a une grande quantité de moulures semblables à faire, il peut être avantageux d'employer des outils de pièce, tournés ou fraisés, qui constituent de véritables fraises et qu'on peut affûter sans changer le profil.

MM. Fay et Egan font usage d'outils tournés, qu'on affûte dans l'intérieur de manière à ne jamais modifier le profil extérieur; il est certain qu'un tel outil engendre toujours le même profil par l'enveloppe de ses positions; de plus, il peut couper dans les deux sens; toutefois il présente l'inconvénient de frotter à l'arrière, inconvénient qui est certainement moindre dans le travail des bois que dans le travail des métaux, mais qui n'est cependant pas négligeable.

MM. Guilliet exposèrent pour la première fois, en 1867, des outils circulaires qu'ils confectionnent en forme de fraises à profil invariable, avec un léger dégagement en spi-

rale vers l'arrière, de façon à éviter le frottement; pour conserver toujours le même profil à ces outils, on devrait les affûter d'après le mode même de leur génération, c'est-à-dire suivant un plan diamétral; mais ils se trouveraient dans de mauvaises conditions

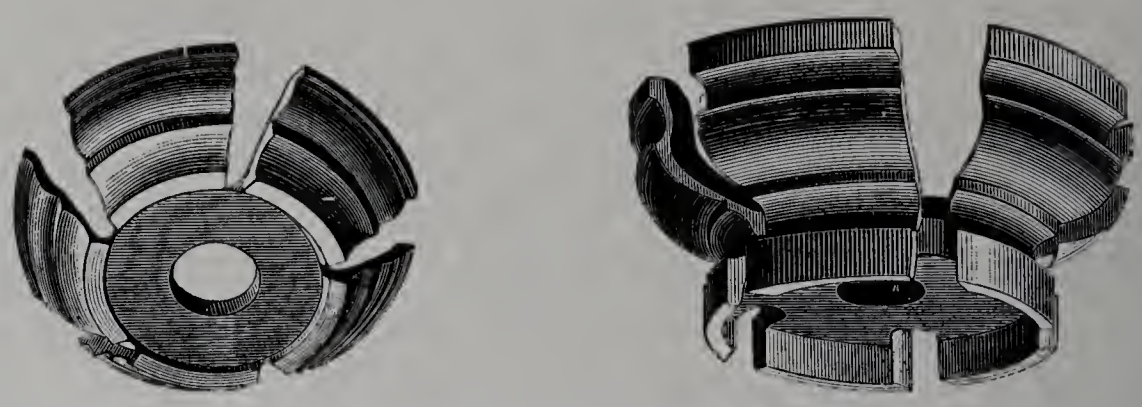


Fig. 254. — Outils profilés pour toupies (Guilliet).

pour couper le bois; aussi on leur donne un biseau d'environ 30 degrés, de façon à diminuer le taillant, ce qui occasionne une déformation presque insensible, étant donné que la dépouille est faible et qu'il s'agit du façonnage des bois.

TENONNEUSES.

Les outils rotatifs, employés sur les toupies, qu'ils soient constitués par des fers plats ou par des disques circulaires, conviennent à la confection des tenons et des enfour-

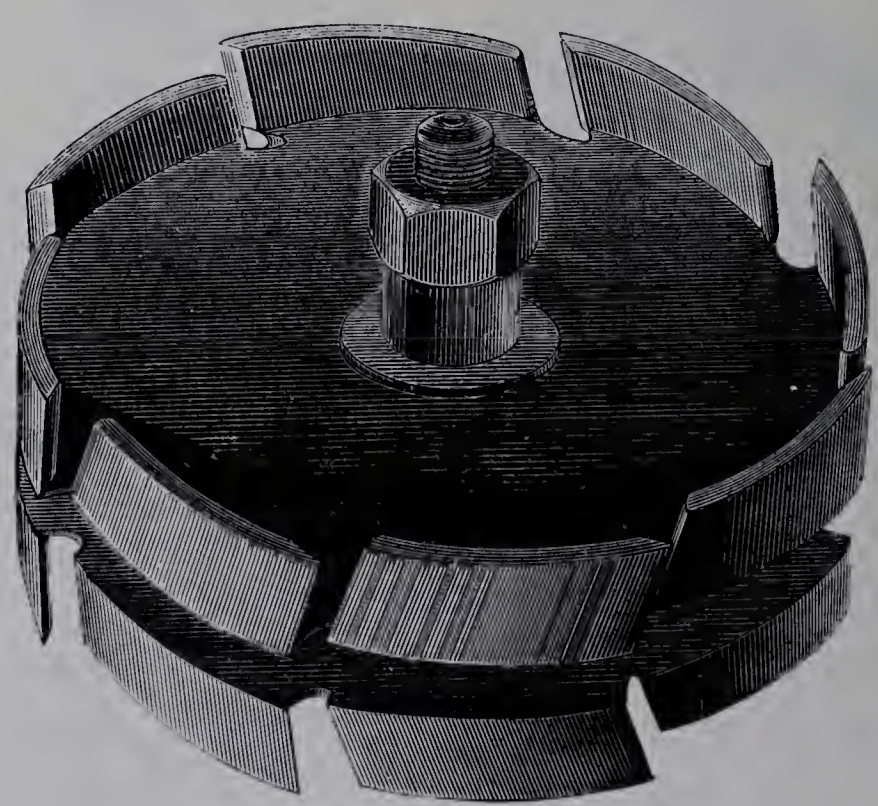


Fig. 255. — Outils à tenons (Guilliet).

chements. MM. Guilliet emploient des fraises à profil invariable qui, montées à l'extrémité d'un arbre vertical, constituent une véritable toupie; pour faire les deux côtés du tenon, on sépare les disques entre eux par une rondelle d'épaisseur convenable et, pour

les enfourchements, on intercale des outils circulaires de l'épaisseur que l'on désire; pour faire des tenons à arasements inégaux, on emploie des outils à coulisse dont les diamètres peuvent être augmentés ou diminués; enfin, pour faire des tenons avec des arasements moulurés, on remplace les outils droits par des outils profilés. Le tenon, quelle que soit la complication de sa forme, est donc confectionné d'un coup par la combinaison d'une série de fraises à profil.

L'arbre sur lequel sont fixés les outils peut monter ou descendre pour faciliter le réglage; une table en fonte glisse horizontalement sur le bâti, au moyen d'une crémaillère, d'un pignon et d'une manivelle; c'est sur cette table que se fixe le bois dont l'extrémité doit être taillée en tenon ou en enfourchement.

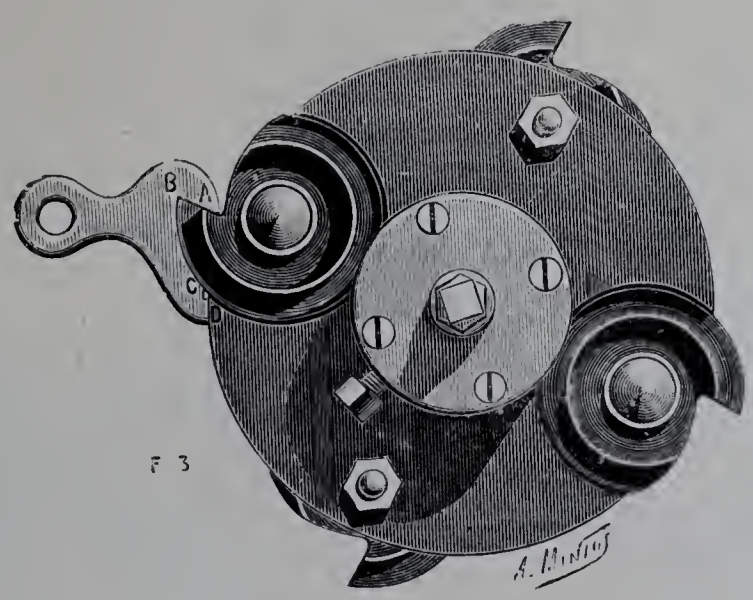


Fig. 256. — Plateau à molettes «Shimer» (d'Espine, Achard et Cie).

La tenonneuse présentée par MM. d'Espine, Achard et Cie est analogue à la précédente, mais l'outil employé est un plateau à molettes, système Shimer, que ces constructeurs exposèrent déjà en 1889, et qui, en raison de ses avantages, s'est considérablement développé depuis la dernière exposition. Les outils sont constitués par des molettes circulaires tournées au profil convenable et fixées en nombre variable sur un plateau circulaire à l'aide d'un boulon central, de façon à constituer par l'arête qu'on détermine dans leur surface, les arêtes des différentes dents d'une fraise. La dent est toujours affûtée de la même manière et fixée dans les mêmes conditions sur la molette, de façon à reproduire toujours le même profil. A cet effet, un gabarit de forme ABCD (fig. 256) permet d'abord par l'application de la portion ABC de donner l'angle de coupe convenable, puis par l'application du profil ABCD de s'assurer que chaque molette est bien montée sur le plateau.

Ces molettes présentent l'avantage de reproduire invariablement le même profil, de pouvoir recevoir un angle de taillant favorable à la coupe et de se présenter sous un angle d'incidence convenable; en effet, le taillant T (fig. 257) est placé à une distance de la ligne des centres de la molette et du disque, telle que l'angle OTO′ soit égal à l'angle d'incidence; la ligne d'affûtage TM est menée de façon à donner l'angle de tail-

lant qu'on désire et la molette est tournée à un profil tel que sa projection sous l'angle d'incidence donne le profil que l'on veut obtenir. De plus, les molettes sont placées

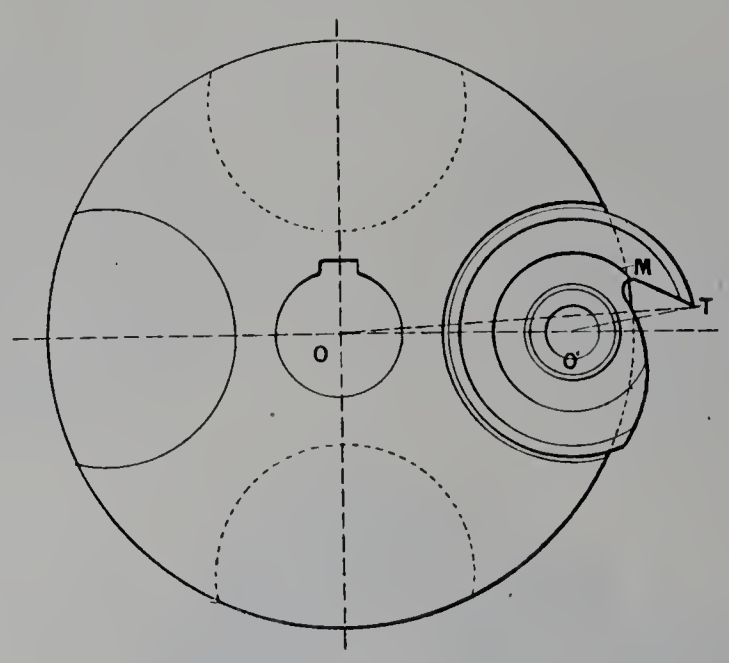


Fig. 257.

légèrement en oblique sur leur siège de façon à attaquer progressivement la matière la déformation qui en résulte est insignifiante et peut d'ailleurs être corrigée par le profil.

Pour faire des enfourchements, on intercale entre les deux plateaux un disque de diamètre réglable.

Dans les tenonneuses de MM. Fay et Egan, de la Smith Machine Company, de M. Robinson, de M. Ransome, de M. Kirchner, de la fabrique de Jonsered, qui s'appliquent d'ailleurs au découpage de tenons sur une plus grande longueur, les opérations du découpage du tenon et de l'enfourchement sont séparées; la première est exécutée par des fers droits montés sur des axes horizontaux, la seconde par des disques montés sur des axes verticaux. Les fers sont montés sur des porte-outils carrés, qui portent sur leur tranche les fers à araser, souvent l'appui du fer est oblique ainsi que le tranchant, de façon à engendrer un plan, tout en attaquant progressivement la matière. Les deux porte-outils, supérieur et inférieur, peuvent être simultanément mobiles verticalement au moyen d'une vis et d'un volant à main, qui détermine ainsi la largeur de l'épaulement inférieur du tenon; mais le porte-outil supérieur peut avoir un réglage indépendant pour donner l'épaisseur voulue au tenon; il est, de plus, mobile horizontalement et permet de faire un épaulement plus profond que l'autre. Lorsque la machine comporte en outre des porte-outils verticaux, qui peuvent également se régler dans les deux sens, elle permet de faire des tenons droits et obliques avec des épaulements droits ou profilés et des queues d'aronde.

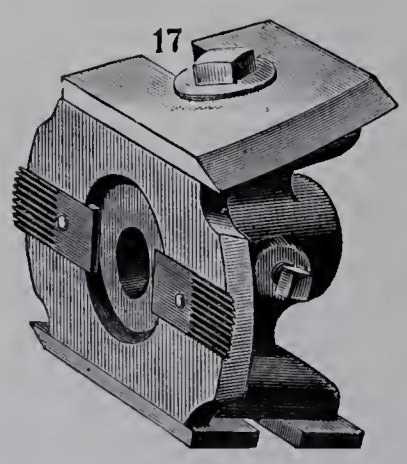


Fig. 258. — Porte-outil à tenonner (Fay et Egan).

Enfin MM. Fay et Egan et la Smith Machine Company exposent une machine double à tenonner les deux extrémités à la fois.

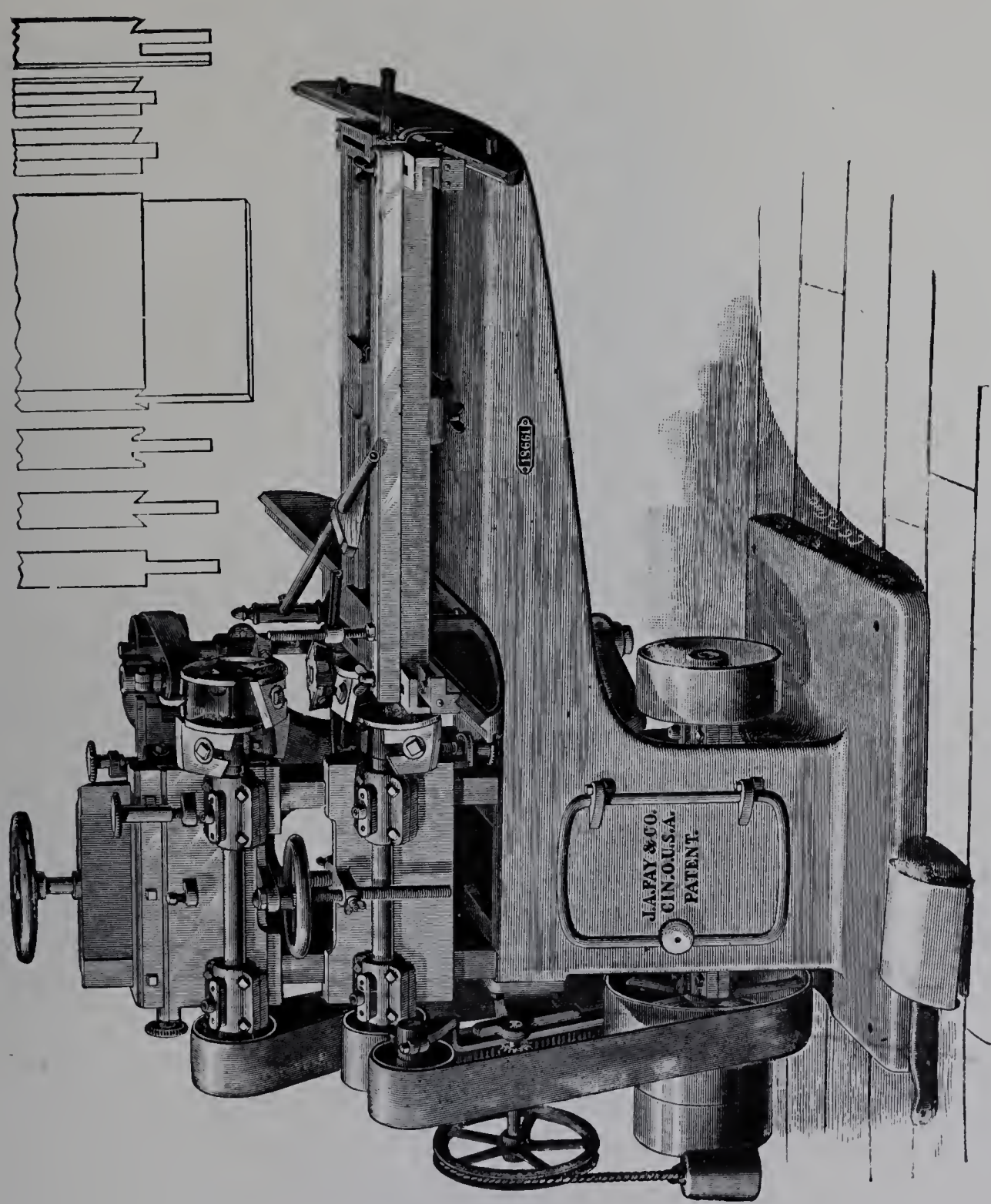


Fig. 259. — Machine à tenonner pour châssis et portes (Fay et Egan).

MACHINES À RABOTER ET À MOULURER SUR QUATRE FACES.

Par la combinaison des machines à raboter les faces horizontales et des machines à raboter ou moulurer les faces verticales, c'est-à-dire des toupies, on arrive aux machines à raboter, bouveter, moulurer sur quatre faces, et comme cas particulier, aux machines à faire le parquet.

Dans toutes ces machines, le bois, qui repose sur la table, est amené par l'action de

cylindres agissant par paires; un outil horizontal commence par travailler une des faces, puis des outils verticaux dressent ou moulurent les côtés, et enfin un outil horizontal

Fig. 260. — Machines à raboter les quatre faces, à cinq porte-outils et lames fixes pour les quatre côtés, les lames fixes à tiroir de dessous échangeables pendant la marche (Bolinder).

travaille l'autre face; des presseurs maintiennent le bois au-dessus ou le plus près possible des outils.

On emploie comme outils et comme porte-outils ceux dont il a déjà été question précédemment, c'est-à-dire horizontalement des couteaux ou des fers à profil montés sur

des porte-outils carrés, et verticalement, pour agir sur les petits côtés, des fers montés sur les porte-outils des toupies, des fraises à profil invariable ou des outils à plateaux, système Shimer.

En plus des quatre outils absolument indispensables pour travailler les quatre faces, les machines les plus complètes comprennent souvent deux outils travaillant simultanément une même face, l'un qui dégrossit, l'autre qui finit ou moulure; c'est ainsi qu'une machine de MM. Panhard et Levassor comporte 6 outils rotatifs, 2 supérieurs, 2 inférieurs, 2 rotatifs.

De plus, certains constructeurs font suivre les outils rotatifs de fers fixes qui enlèvent un fin copeau et blanchissent les faces sur lesquelles elles agissent; les machines Bolinder, Kirchner et Egan qui ont 5 outils, un ébaucheur et un finisseur pour une des faces, possèdent, à la suite de chaque outil rotatif, des rabots fixes dont le nombre peut aller jusqu'à trois à la suite du rotatif supérieur (Bolinder). L'emploi des lames fixes est certainement avantageux au point de vue de la propreté du travail; lorsqu'elles agissent sur des bois mi-secs, elles présentent l'avantage de faire disparaître la bourre produite par les outils rotatifs, mais elles exigent une grande vitesse d'amenage, et par conséquent des machines stables et lourdes; de plus, elles consomment beaucoup de force. Il semble d'ailleurs que les machines à grande vitesse d'amenage, 20, 30, 40 et même 45 mètres à la minute, que l'on rencontre dans la construction américaine, suédoise et allemande, s'appliquent surtout au travail des bois en grande série dans les pays où le prix de la matière première est peu élevé. L'ouvrier qui conduit ces sortes de machines, ayant à opérer sur des bois bruts qui ont une surépaisseur largement suffisante de matière, règle sa machine une fois pour toutes et porte toute son attention sur l'alimentation.

En France, au contraire, où le bois est cher et où le débitage laisse généralement peu à prendre au façonnage, les vitesses d'amenage ne dépassent guère 16 à 20 mètres à la minute; les machines consomment par conséquent moins de force et sont moins lourdes.

Dans la catégorie de machines qui nous occupe, la table est généralement fixe et le réglage reporté sur les outils; cependant la fabrique de Jousered et MM. d'Espine, Achard et Cie, dans leur parqueteuse, donnent un réglage à la table, les premiers par vis et écrou, les seconds par plans inclinés. Un guide latéral s'étend tout le long de la machine et le bois s'y appuie sous l'action d'un rouleau latéral.

L'amenage est assuré par deux paires de cylindres qui donnent au bois un puissant effort d'entraînement augmenté par les cannelures des cylindres supérieurs; ceux-ci sont tourillonnés dans des bras qui pivotent autour d'un axe médian et portent des tringles reliées à un levier commun chargé de poids; un système de boîtes à vis verticales permet de régler leur hauteur suivant l'épaisseur de la planche.

Tous reçoivent leur commande d'un cône à plusieurs étages, qui permet de faire varier la vitesse.

Souvent les rouleaux alimentaires ne sont placés qu'à l'entrée de la machine, et une

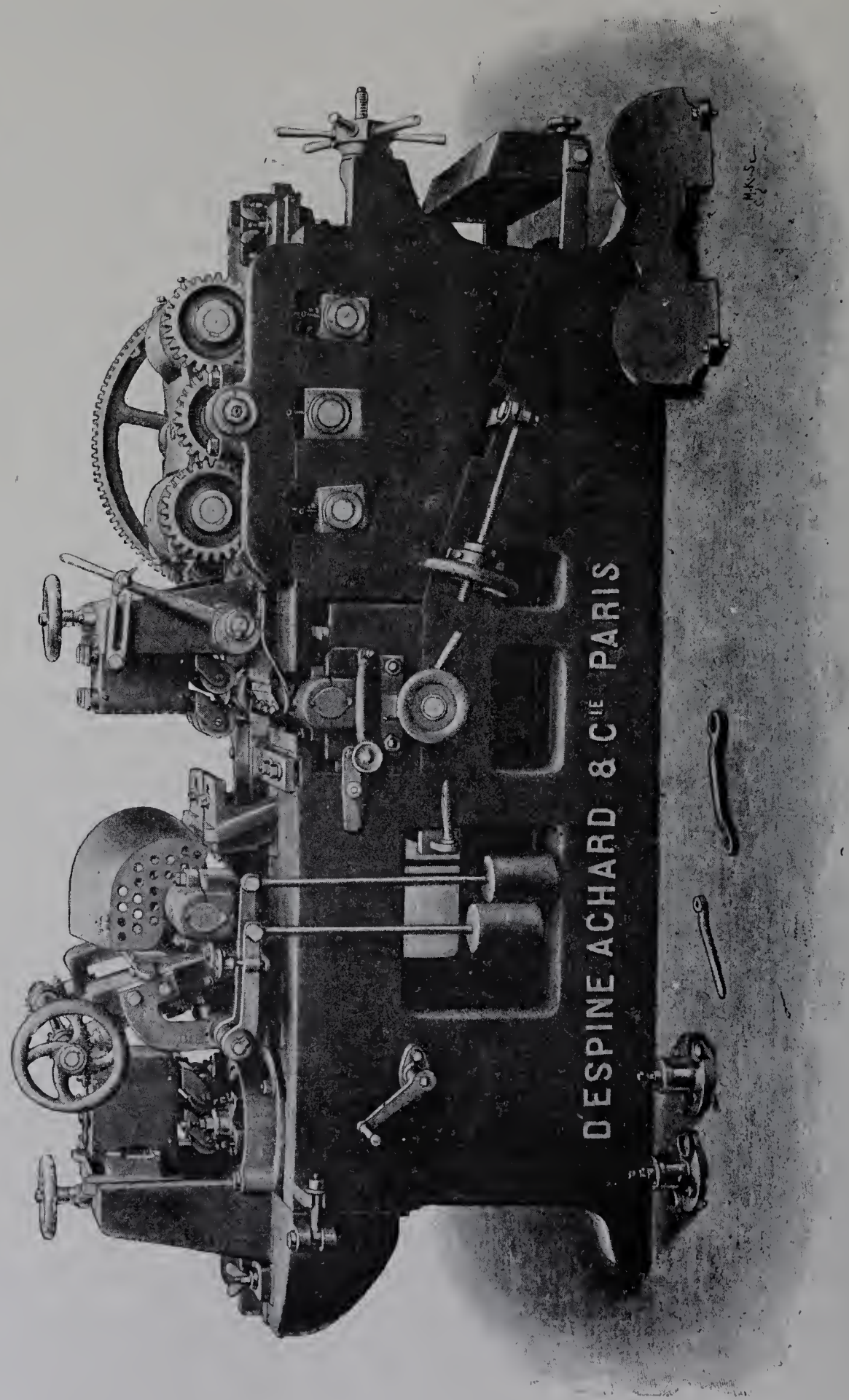


Fig. 261. — Parqueteuse, quatre faces (d'Espine, Achard et Cie).

pièce de bois pousse la précédente; dans les machines plus puissantes et plus complètes (Bolinder, Fay et Egan), une troisième paire de rouleaux, placée à l'arrière, fait office de délivreur, entraîne le bois et en débarrasse la machine.

Les presseurs sont soumis à l'action de contrepoids ou de ressorts; quelquefois, à la sortie, ils sont fixes et épousent le profil de la roulure; d'autres fois ils sont disposés en forme de brise-éclat.

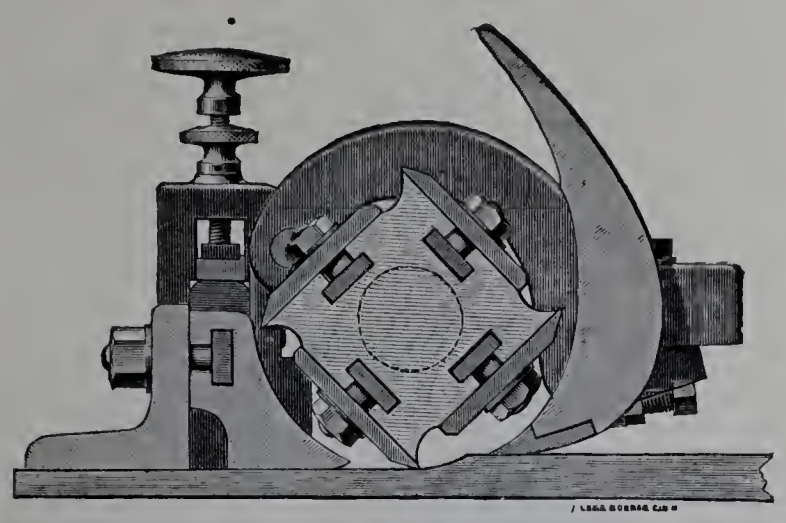


Fig. 262. — Brise-éclat pour porte-outils horizontaux (Fay et Egan).

Les porte-outils rotatifs supérieurs se meuvent, pour le réglage en hauteur, sur des chariots inclinés et possèdent, pour le moulurage, un réglage latéral; un vernier indique l'importance du déplacement.

Les porte-outils inférieurs sont également réglables dans le sens de leur axe et verticalement; les porte-outils verticaux, dans le sens de leur axe et horizontalement.

Quant aux fers fixes, ils sont généralement montés obliquement dans des tenons qui peuvent s'enlever facilement et être remplacés, lorsqu'ils ont besoin d'être affûtés.

MACHINES À PERCER ET À MORTAISER.

Les outils le plus généralement employés dans le *perçage* des bois sont les mèches à cuiller et les mèches hélicoïdales; ils doivent être animés d'une vitesse de 2,000 à 4,000 tours à la minute, suivant leur diamètre. Les machines d'usage courant qui les actionnent ont beaucoup d'analogie avec les machines verticales à percer les métaux à la main; elles étaient représentées, dans l'exposition de MM. Fay et Egan, par une machine à percer à 5 tarières verticales, les deux extrêmes inclinables à volonté; les porte-outils sont équilibrés par un contrepoids ou un ressort et mus verticalement à la main; la table qui supporte l'ouvrage est construite en poutrelles d'acier avec traverses, rouleaux et appareils de fixation; des butées permettent d'en limiter le déplacement.

L'outil de *mortaisage* proprement dit est le bédane, mais, sauf dans le travail des bois exceptionnellement tendres, on ne lui fait pas attaquer directement la matière sans qu'un trou central ait été préalablement percé; il a donc comme auxiliaire la mèche de perçage; cette dernière, d'ailleurs, peut, de son côté, par un déplacement longitudinal, ouvrir des mortaises dans lesquelles le bédane n'a plus qu'à équarrir les angles; par ce procédé, qui s'applique surtout aux mortaises simples, le fond du trou est généralement rendu plus net et le dégorgement s'opère plus facilement.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Des machines à mortaiser d'usage général, présentant des dispositions à peu près semblables, sont construites par MM. Fay et Egan, la Smith Machine Company,

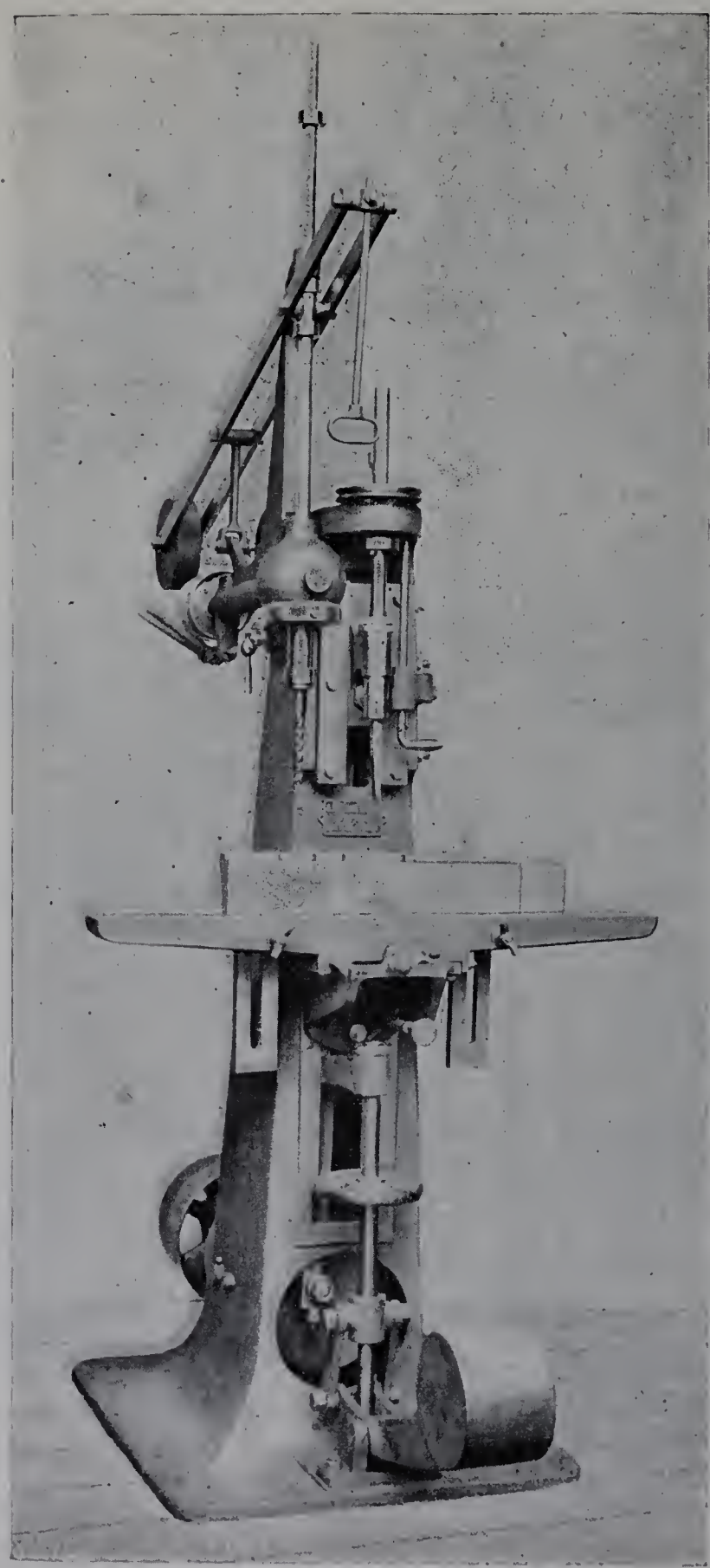


Fig. 263. — Mortaiseuse (Ransome).

M. Ransome, les Ateliers de construction de Kappel et la Fabrique de Jonsered; elles sont verticales et comportent d'abord un outil de perçage dont il est fait usage dans le

travail des bois durs pour percer vers le milieu de la longueur de la mortaise un trou de même profondeur que cette dernière et de même diamètre que sa largeur, puis un outil de mortaisage, qui reçoit par bielle et manivelle un mouvement alternatif vertical, pendant que le bois se déplace lentement; on fait ensuite décrire une demi-circonférence au bédane, et on termine la mortaise en donnant au bois un mouvement en sens inverse.

Le mouvement alternatif du bédane est très rapide et peut atteindre 500 coups à la minute; le mouvement de retournement peut s'opérer en marche de la façon suivante: un arrêt à ressort fixe l'outil dans deux positions diamétralement opposées, en même temps qu'une petite courroie tend à le faire tourner, mais glisse tant que l'arrêt en empêche le mouvement; si l'on dégage l'arrêt, la courroie agit et fait tourner l'outil jusqu'à ce que le taquet tombe dans le cran opposé (Ransome, Jonsered).

La table sur laquelle se place le bois peut être réglée en hauteur par vis et volant et recevoir pour le travail un déplacement horizontal à l'aide d'un volant ou par la simple poussée de la main; elle peut pivoter autour d'un axe horizontal pour faire des mortaises à l'angle voulu et possède un mouvement de relèvement et de descente rapide à l'aide d'une pédale; quelquefois le mouvement de cette dernière, au moment où on l'abandonne, commande automatiquement le retournement de l'outil (Fay et Egan, Smith).

Dans les ateliers de construction de voitures de chemins de fer, de machines agricoles, où la fabrication comporte de grandes mortaises, on fait souvent usage d'un bédane carré creux, à l'intérieur duquel tourne une mèche hélicoïdale qui rejette les copeaux par les ouvertures latérales du bédane : une machine verticale de MM. Fay et Egan et une machine horizontale de M. Kirchner employaient un outil de ce genre, qui peut finir une mortaise de 25 millimètres de largeur et de 100 millimètres de longueur en quatre coups de ciseau.

M. Jametel procède au mortaisage des moyeux de roues sur une machine horizontale à l'aide du bédane automatique. Le moyeu est fixé à l'aide d'un plateau diviseur muni d'encoches correspondant aux divisions; la mèche ne fait que percer un trou pour commencer le travail, et le bédane, animé d'un mouvement rapide, enlève successivement, suivant la pente voulue, une série de copeaux minces et forme la mortaise.

Comme exemples de machines dans lesquelles la mortaise est ouverte sur toute sa longueur par une mèche à cuiller qui se déplace et dans laquelle l'outil de mortaisage n'a d'autre fonction que d'équarrir les bords, nous citerons les machines exposées par M. Pesant et par M. Kirchner; le bois à mortaiser est fixé sur une console à chariot, réglable verticalement; l'arbre porte-mèche, qui tourne à grande vitesse, se meut dans une glissière horizontale et, sous l'action d'un levier, s'avance vers le bois jusqu'à ce qu'il soit arrêté par une butée qui permet de limiter la profondeur de la mortaise, en même temps que des butées mobiles placées sur le chariot en limitent la longueur. Le perçage une fois opéré, on équarrit les angles au moyen d'un bédane qu'on manœuvre avec un levier à main.

MM. Panhard et Levassor exposaient une machine spéciale complètement automatique pour mortaiser à la fois les deux montants d'une persienne. Le problème consiste à faire sur les côtés de chaque montant une série de mortaises également inclinées et écartées. La machine est double et symétrique, et chacune des deux pièces de bois est

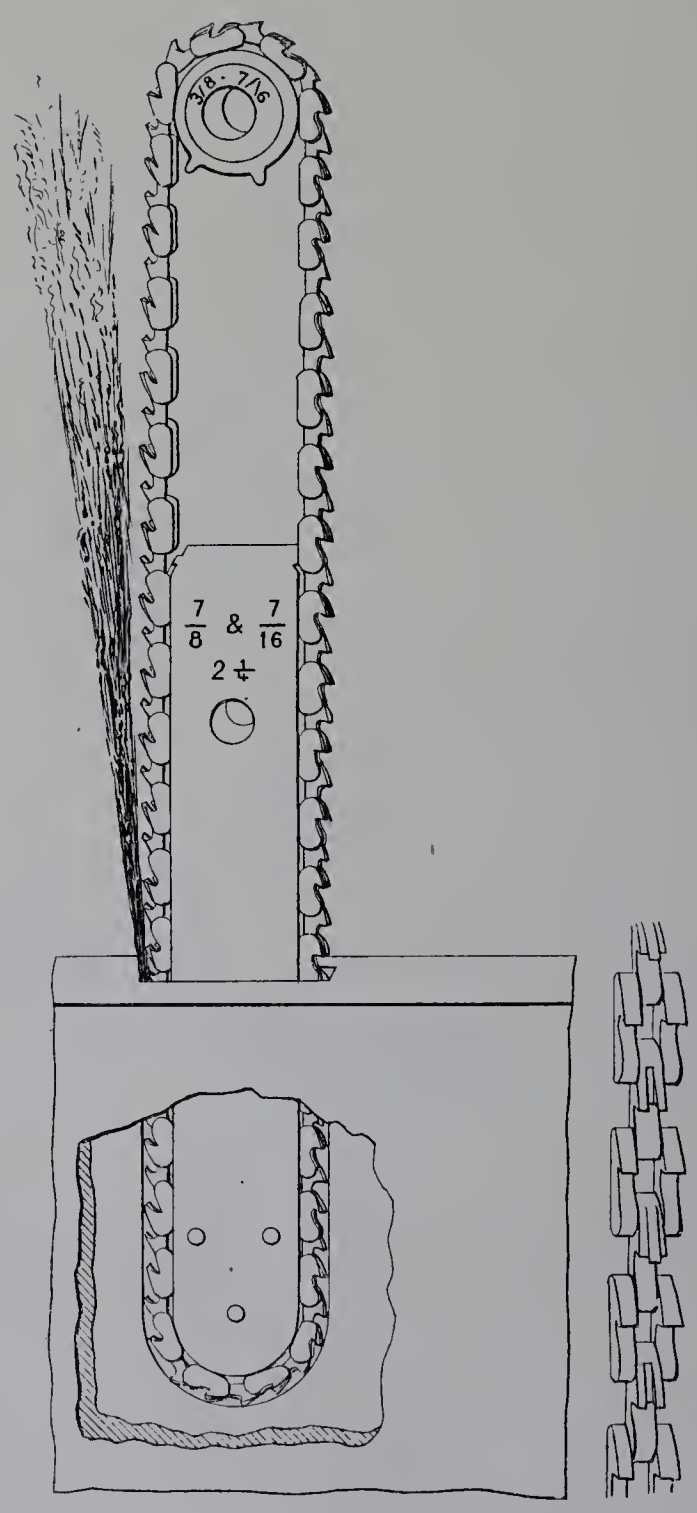


Fig. 264. — Chaîne-outil pour mortaiseuse.

placée à plat sur la table. Chaque outil, qui est constitué par une mèche à triple cuiller, est horizontal et animé d'un mouvement rapide de rotation; il est supporté par un chariot monté dans une glissière inclinable, qui reçoit un mouvement alternatif par bielle et manivelle de course égale à la longueur de la mortaise; chaque porte-glissière reçoit en même temps d'une came un mouvement de déplacement, qui fait progressivement avancer l'outil en profondeur; enfin, un mouvement de came montée sur le même axe

que la première assure la division, en agissant par l'intermédiaire de leviers et d'une dent de loup sur la crémaillère placée sous le chariot; pour changer la division, on change la crémaillère. La machine est donc complètement automatique et peut faire, par minute, trente mortaises de 50 millimètres de longueur, 12 millimètres de largeur et 15 millimètres de profondeur.

Un type de machines relativement récent, et qui paraît être d'origine américaine, emploie pour couper les mortaises une série de fers formés par les maillons d'une chaîne sans fin, qui est mue à une grande vitesse au moyen d'une petite roue sur laquelle elle s'enroule à la partie supérieure, en même temps qu'une réglette la guide à la partie inférieure; il est spécialement destiné au mortaisage de bois légers pour fenêtres et volets. Deux spécimens étaient présentés, l'un par M. Robinson, l'autre par la New Britain Machine Company. Le bois est cramponné sur une table qui reste immobile pendant le travail, mais qui peut être élevée ou abaissée par vis et volant suivant la grandeur des bois à travailler. Par la pression du pied sur une pédale, la chaîne descend dans le bois et coupe la mortaise en une seule opération. Le procédé est rapide et présente l'avantage de ne laisser dans la mortaise ni copeaux ni éclats. Chaque maillon de la chaîne travaille à grande vitesse comme un outil de mortaisage et est affûté à la meule d'émeri sur les faces en contact avec le bois (fig. 264).

TOURS.

Les tours à bois qu'on rencontre dans les ateliers de modelage sont analogues à ceux qu'on emploie pour le travail des métaux, mais ils comportent généralement des dispositions plus simples; sur un banc sont montés une poupée mobile, une poupée fixe, qui

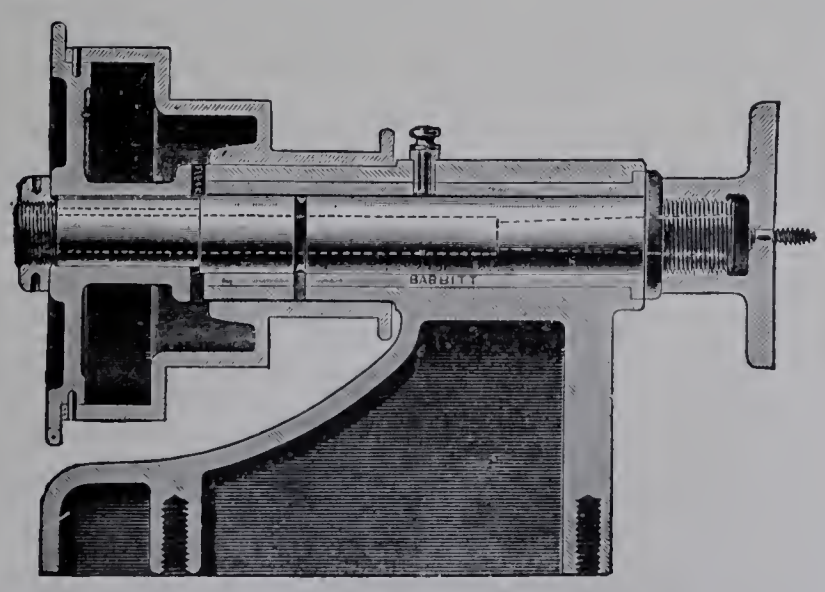


Fig. 265. — Coupe de la poupée fixe d'un tour à bois de 125 millimètres de hauteur de pointes (Reed).

reçoit directement son mouvement de rotation du renvoi, sans harnais d'engrenages, et un support d'outil avec ou sans chariot mobile (Fay et Egan). M. Reed construit un petit tour à main de 125 millimètres de hauteur de pointes, qui présente quelques dispositions particulières : la broche, en acier au creuset, tourne dans de longs coussinets

cylindriques en antifriction comprimée, le cône de commande est ajusté sur le fût de la poupée et tourne concentriquement à son alésage; le banc porte des V creusés, au lieu d'être saillants, de façon à présenter une surface sans saillie; enfin le support d'outil est concave à l'avant et présente ainsi un point d'appui à la main de l'opérateur.

Le travail est généralement ébauché avec une gouge et terminé avec un ciseau plat.

Lorsqu'on a à tourner des pièces dont le profil doit se reproduire un grand nombre de fois, on établit un gabarit en métal sur lequel s'appuie constamment le chariot porte-outils. Cette disposition, qu'on vit, pour la première fois, en 1867, appliquée, dans la section américaine, à la fabrication des bâtons de chaises, est reproduite, en 1900, sur deux tours automatiques à peu près semblables, construits, l'un par MM. Fay et Egan, l'autre par M. Kirchner. Le chariot supporte trois outils à ébaucher en forme de gouge, l'un qui met la pièce au rond et les deux autres qui, sous l'action de touches, s'inclinent suivant la forme du gabarit; en même temps, un outil à profil, monté sur une sorte de guillotine, descend mécaniquement et passe tangentiellement à la surface pour rectifier les parties dont le profil est le plus accentué; ce dernier outil, qui figurait déjà dans le modèle primitif et qui semble, d'ailleurs, avoir inspiré MM. Warner et Swasey, pour le décolletage du bronze, est obtenu par fraisage du dessus et conserve invariablement le même profil lorsqu'on l'affûte sur le devant.

S'il s'agit de tourner des bâtons ronds, l'appareil employé est plus simple : il se compose d'une poupée dans laquelle tourne un arbre creux en acier portant à son extrémité un mandrin armé intérieurement de couteaux en forme de gouges; le bois, préalablement débité de forme carrée, est maintenu à l'entrée par un organe qui l'empêche de tourner et, poussé à la main dans l'intérieur du mandrin, il en sort parfaitement rond (Fay et Egan); la machine peut être complétée par un système de rouleaux d'amenage commandés mécaniquement et, pour la confection des baguettes d'angle sur la longueur desquelles un secteur est détruit, par un outil rotatif, placé à la suite de la poupée perpendiculairement à l'axe du tour (Panhard et Levassor).

Tours à copier. — Les tours dont nous venons de nous occuper ne peuvent façonner que des pièces à section circulaire; pour obtenir des pièces dans lesquelles les sections ont des formes quelconques et variables en chaque point, on emploie les tours à copier. Ce genre de machines, dont l'invention est attribuée à un ingénieur portugais, M. de Barros, et qui, construites d'abord en France par M. de Coster, ont été ensuite importées d'Amérique, avec certains perfectionnements, par M. Kreutzberger, et employées à la fabrication des bois de fusil, utilise un outil rotatif constitué par un disque armé de couteaux; elles se composent d'un double tour dont les axes sont parallèles: sur l'un d'eux est placé le modèle de la pièce à reproduire, sur l'autre le bois que l'on veut façonner; le modèle et le bois ont des mouvements de rotation complètement identiques; un galet et un outil, montés sur le même axe ou sur des axes parallèles, sont

invariablement liés; enfin, l'ensemble, modèle et bois ou bien galet et outil, peut prendre un mouvement d'oscillation. Si donc, tout en tournant, le modèle chemine devant le galet et le bois devant l'outil, celui-ci façonne une surface identique à celle du modèle, pourvu toutefois que le rapport de la vitesse de rotation de l'outil à la vitesse du déplacement longitudinal du bois soit très considérable.

C'est sur ce principe que reposent les deux machines à façonner les rais de roues exposées l'une par M. Guilliet, l'autre par MM. Panhard et Levassor; elles se composent d'un bâti en fonte sur lequel peut glisser le chariot qui porte le type à reproduire et les pièces à façonner; un balancier, qui oscille autour d'un axe perpendiculaire à l'axe des tours, porte les outils et une touche en acier. Une transmission intermédiaire imprime un mouvement de translation au chariot, en même temps qu'un mouvement de rotation aux bois à façonner et aux types à reproduire; mais, dans le modèle de M. Guilliet, l'axe des outils et des galets est parallèle à l'axe d'oscillation du balancier et les outils coupent le bois dans le sens du fil; dans la machine de MM. Panhard et Levassor, les axes sont perpendiculaires aux précédents, et les couteaux, coupant le bois normalement aux fibres, sont disposés pour reproduire des formes de profil plus accentué.

C'est également sur le principe de la reproduction que repose le tour à outils rotatifs de M. Jametel, avec disposition pour faire les sections carrées et polygonales; cette machine s'applique au cas où la génératrice de la surface reste la même sur tout le pourtour de la pièce et est destinée à la fabrication des pieds de table ronds, carrés, polygonaux, ovales. D'abord, un tour à outils rotatifs profilés permet de faire des moulures simultanément sur toute la longueur de la pièce à travailler; puis, le chariot, sur lequel est monté l'ensemble des mouvements du bois, reçoit son déplacement par une came qui remplit l'office de reproducteur et donne la forme générale de la section; enfin, pour augmenter la production, la pièce à travailler est disposée sur un plateau à renversement qui permet de monter une pièce pendant que l'autre est travaillée.

MACHINES DESTINÉES À LA FABRICATION DES CAISSES.

Un certain nombre de constructeurs exposaient des machines destinées à la fabrication des caisses ou des objets similaires, et disposées notamment pour faire les assemblages et pour clouer les caisses.

Machines à faire les assemblages. — Ces machines permettent d'assembler des panneaux perpendiculairement entre eux à l'aide de tenons droits ou obliques ou de queues d'aronde.

La Morgan Machine Company construit une machine à faire les tenons droits et les mortaises correspondantes à l'aide de fraises à deux dents animées d'un mouvement de rotation. Une série de 16 à 25 planches, coupées de dimension, sont placées verticalement sur le chariot, qu'on pousse entre deux arbres verticaux portant le nombre de couteaux voulus et espacés à la distance convenable : on obtient ainsi en une seule opé-

ration le nombre d'embrèvements nécessaires pour la hauteur d'une boîte. On fait d'abord passer toute la série des planches pour deux des côtés, puis on agit de même pour les deux autres côtés.

Une machine de M. Robinson est destinée à faire les tenons obliques dans deux directions différentes à chaque extrémité d'un même panneau. Un chariot, sur lequel est fixée la série des bois à entailler à l'inclinaison convenable, glisse sur le bâti de la machine et passe au-dessus d'une série de fers fixés à un arbre horizontal (fig. 266) qui peut s'élever et s'abaisser pour régler la profondeur des entailles. Ces fers varient peu à peu de diamètre, en sorte que l'ensemble de leurs bords extérieurs forme un cône qui imprime la forme diagonale aux entailles. Le mouvement d'amenage de la table est communiqué par la pression du pied sur une pédale; dès que la pression cesse, la table recule vivement d'elle-même.

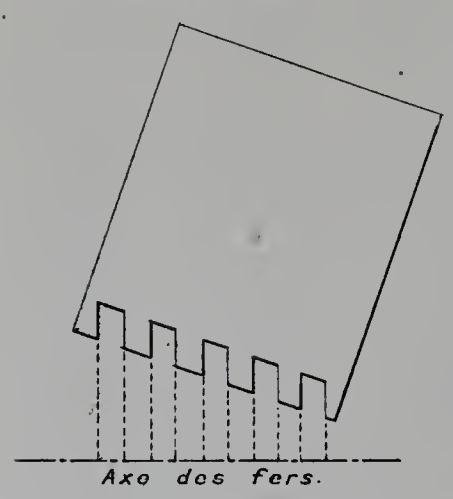


Fig. 266. — Axe des fers.

MM. Fay et Egan et les *Ateliers de construction de Kappel* présentent des machines à faire les queues d'aronde à la fraise pour l'assemblage des armoires, tiroirs de meubles, etc. Le travail est exécuté par une fraise conique qui, par sa simple entrée, découpe la mortaise en laissant arrondi le fond de l'entaille; le tenon correspondant est obtenu par façonnage.

La seule machine exposée qui permettait de faire des *queues d'aronde à fond droit* était construite par *M. Jametel* et fondée sur le principe de la machine Armstrong, qui figurait déjà en 1867. Elle se compose (fig. 267 et 267 *bis*) d'une table sur laquelle le bois à travailler se trouve fixé à l'aide de guides, de manière à ne dépasser le bord de la table que de la profondeur des queues à faire. Cette table se déplace dans le sens transversal, sous l'action d'une vis à pas allongé (48 millimètres dans le cas qui nous occupe). Le travail est exécuté par des lames de scie montées sur des disques pouvant prendre les inclinaisons voulues, disques perpendiculaires au bois, mais dans un plan incliné sur le plan vertical pour faire le mâle, disques dans un plan vertical mais inclinés par rapport au bois pour faire la femelle.

Les scies sont montées sur les disques en s'excentrant de plus en plus, de manière à attaquer le bois au bord et à s'enfoncer presque jusqu'à la table, puis, à partir de ce moment, elles sont circulaires, mais se recourbent progressivement, de manière à couper chacune la moitié de l'encoche. Le travail est le même, qu'il s'agisse du mâle ou de la femelle; seule, l'inclinaison des disques change, ainsi que l'angle de recourbement des scies.

Pour changer cet angle de recourbement, on change les lames de scies, mais, pour faire varier l'inclinaison des disques, il suffit de leur faire décrire un angle de 90 degrés à l'aide d'un secteur denté qui se trouve à l'arrière. Enfin les lames sont elles-mêmes montées sur les disques suivant une hélice ayant le même pas que la vis de commande de la table; elles agissent donc comme si le bois était fixe, et, une fois

le travail du premier disque fait, le bois continue à avancer et se présente au deuxième disque. Sur ce deuxième disque, l'hélice porte-lame est elle-même mobile et peut se déplacer suivant le même pas, de façon que les lames peuvent être plus ou moins éloignées de celles du premier disque, ce qui permet de faire varier à volonté le rapport du vide au plein.

Quant au pas, il reste toujours le même et est égal au pas de la vis.

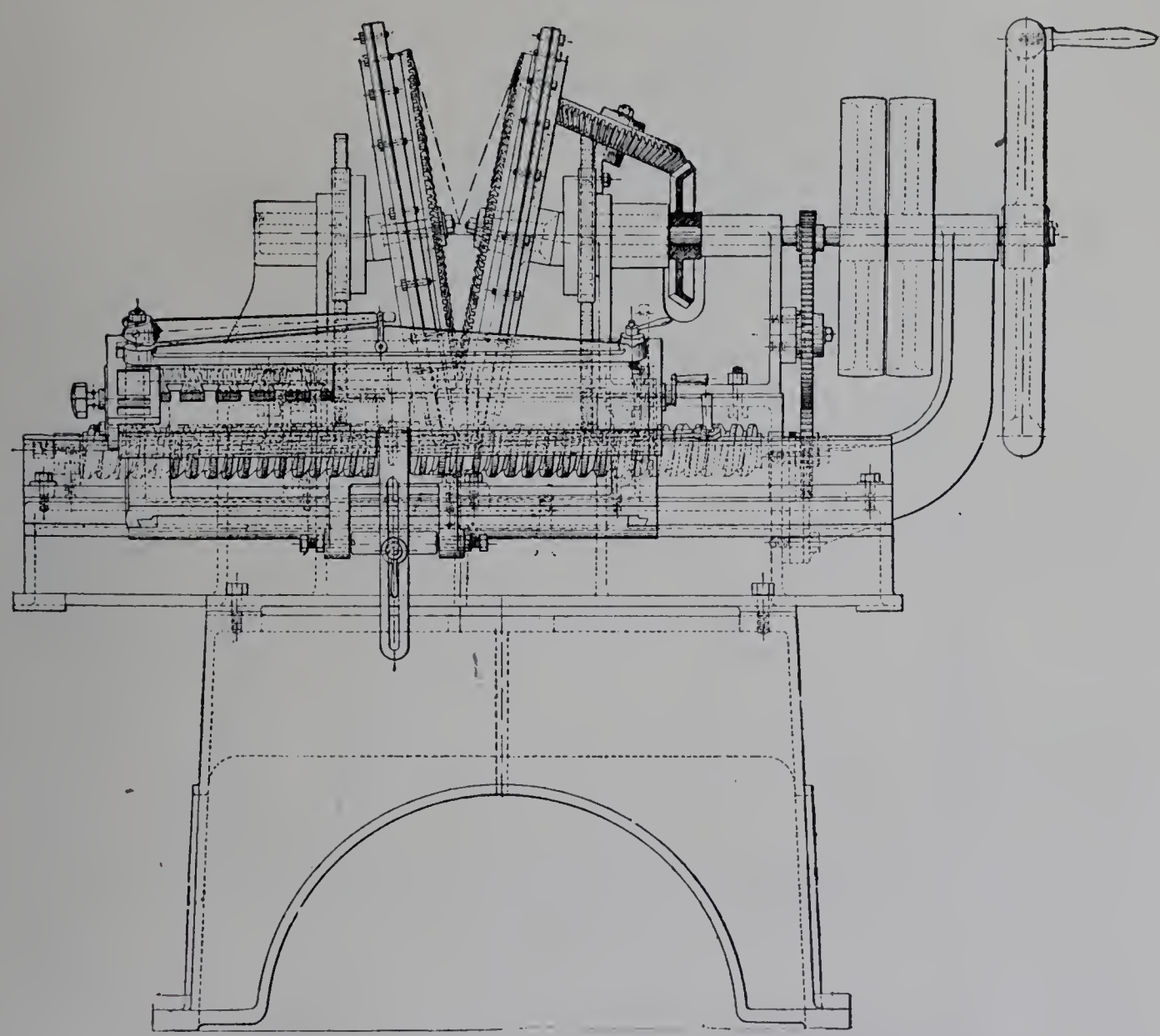


Fig. 267. — Machine à faire les assemblages à queues d'aronde (Jametel).
(Vue de face.)

Enfin la table elle-même est déplaçable sur l'écrou de la vis qui la commande, de manière à pouvoir commencer la première queue soit au bord, soit à telle distance que l'on veut du bord du bois. Elle est inclinable, de manière à pouvoir tracer en sifflet sur le bois les queues couvertes dont on approfondira le fond à la main.

MM. d'Espine, Achard et Cie exposent un nouvel *assemblage à clef métallique* confectionnée en laiton étiré ou, plus économiquement, en régule d'antimoine coulé. Ce joint est d'une fabrication simple et peut trouver un emploi avantageux dans la fabrication des boîtes, coffrets, meubles de bureau, etc.; les figures 268, 269 et 270 montrent son

application aux assemblages d'onglet : à l'aide de deux petites scies circulaires, l'une horizontale, l'autre verticale, travaillant simultanément sur une table disposée à cet effet,

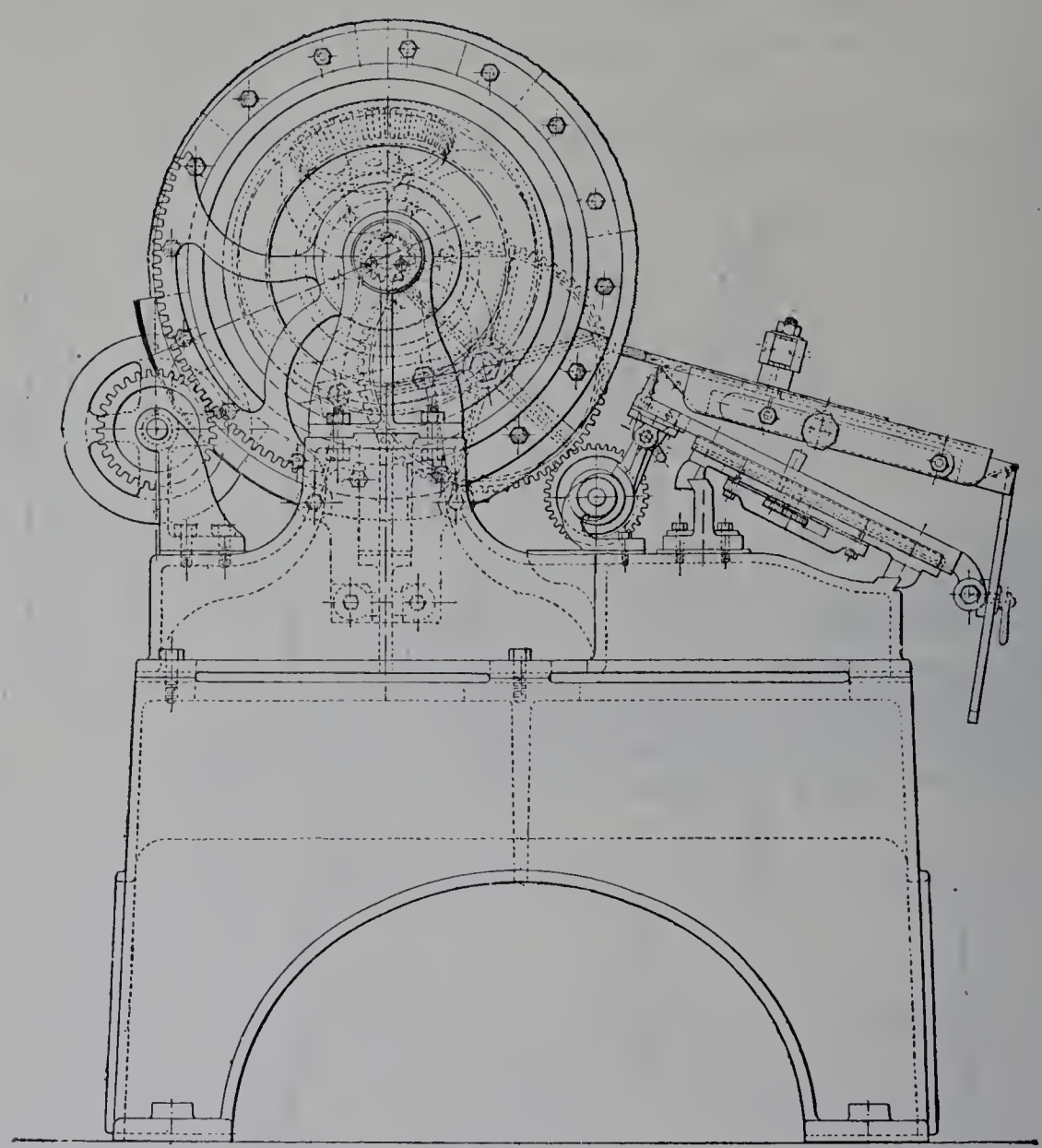


Fig. 267 *bis*. — Machine à faire les assemblages à queues d'aronde (Jametel). (Vue de côté).

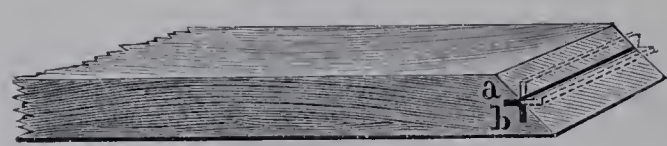


Fig. 268.

Fig. 269.

Fig. 270.

on pratique dans la face de l'assemblage d'onglet les deux petites rainures *a* et *b* (fig. 268) destinées à recevoir deux branches d'équerre de la clef métallique en croix (fig. 269). Les faces de l'onglet des deux morceaux de bois à assembler, munies chacune

de deux rainures *a* et *b*, étant mises en présence, sont prêtes à recevoir la clef métallique qui doit les réunir pour former l'assemblage (fig. 270).

Machines diverses servant à la confection des caisses. — La Morgan Machine Company exposait une collection complète de machines servant à la confection des caisses.

Les deux séries de planches, dont les tenons et les mortaises ont été taillées ainsi qu'il a été dit précédemment, sont placées près de la machine à assembler. Un apprenti trempe les côtés entaillés des planches dans un bain de colle n'ayant que la profondeur des tenons; l'ouvrier prend deux planches d'une dimension et deux d'une autre, les place entre les montants de la machine à assembler et, d'un coup de pédale, obtient automatiquement la réunion définitive des quatre planches.

Les quatre angles, ainsi collés et assemblés, sont passés successivement, et sur toute leur longueur, entre deux petites scies circulaires à dents droites, tournant très vite et formant entre elles un angle de 90 degrés. La caisse est guidée par deux rails se trouvant dans les plans respectifs des deux scies; de cette façon, toute saillie est enlevée et on obtient une caisse à angles absolument propres.

La machine à faire les assemblages peut préparer les bois pour 8,000 caisses, la machine à assembler peut donner 4,000 caisses, et la finisseuse 2,700 caisses par journée de 10 heures. Un ensemble de une machine à assemblage, deux machines à assembler et trois finisseuses, exigeant trois ouvriers et quelques apprentis, donneront 8,000 caisses dans une journée de 10 heures.

Il reste ensuite à clouer le fond de la caisse.

Machines à clouer les caisses. — Les machines à clouer les caisses se sont développées depuis une dizaine d'années; deux constructeurs, M. W. Doig et la Morgan Machine Company, en présentaient des spécimens.

Elles peuvent être considérées comme complément des précédentes et servir à fixer le fond, ou bien comme machines indépendantes, et remplacer la main de l'homme dans le clouage de toutes les faces; elles permettent d'enfoncer d'un seul coup un nombre de clous variable avec la force de la machine. Les clous sont placés dans une boîte en tôle animée d'un mouvement d'oscillation autour d'un de ses angles, et se déversent dans les conduits qui leur sont réservés; chaque conduit aboutit à une pièce mécanique qui reçoit et enfonce le clou; cette pièce peut être déplacée sur une glissière, de façon à régler en un instant la distance des clous entre eux.

Dans les modèles les plus simples, les porte-clous sont toujours disposés sur une seule rangée, mais des types plus complets permettent de disposer la pièce mécanique de diverses façons, soit sur deux glissières parallèles, de façon à donner le clouage en quinconce, soit sur une glissière d'équerre, pour enfoncer les clous sur deux côtés perpendiculaires; enfin, toute autre disposition peut être adaptée soit pour clouer des couvercles circulaires, soit pour clouer les côtés et la séparation du milieu des caisses à oranges, etc.

Les machines en question peuvent être munies d'un appareil à river, essentiellement constitué par une barre qui se trouve un peu au-dessous de la surface du plateau de la machine, quand les clous sont enfoncés, et qui, à fin de course, se soulève, recourbe

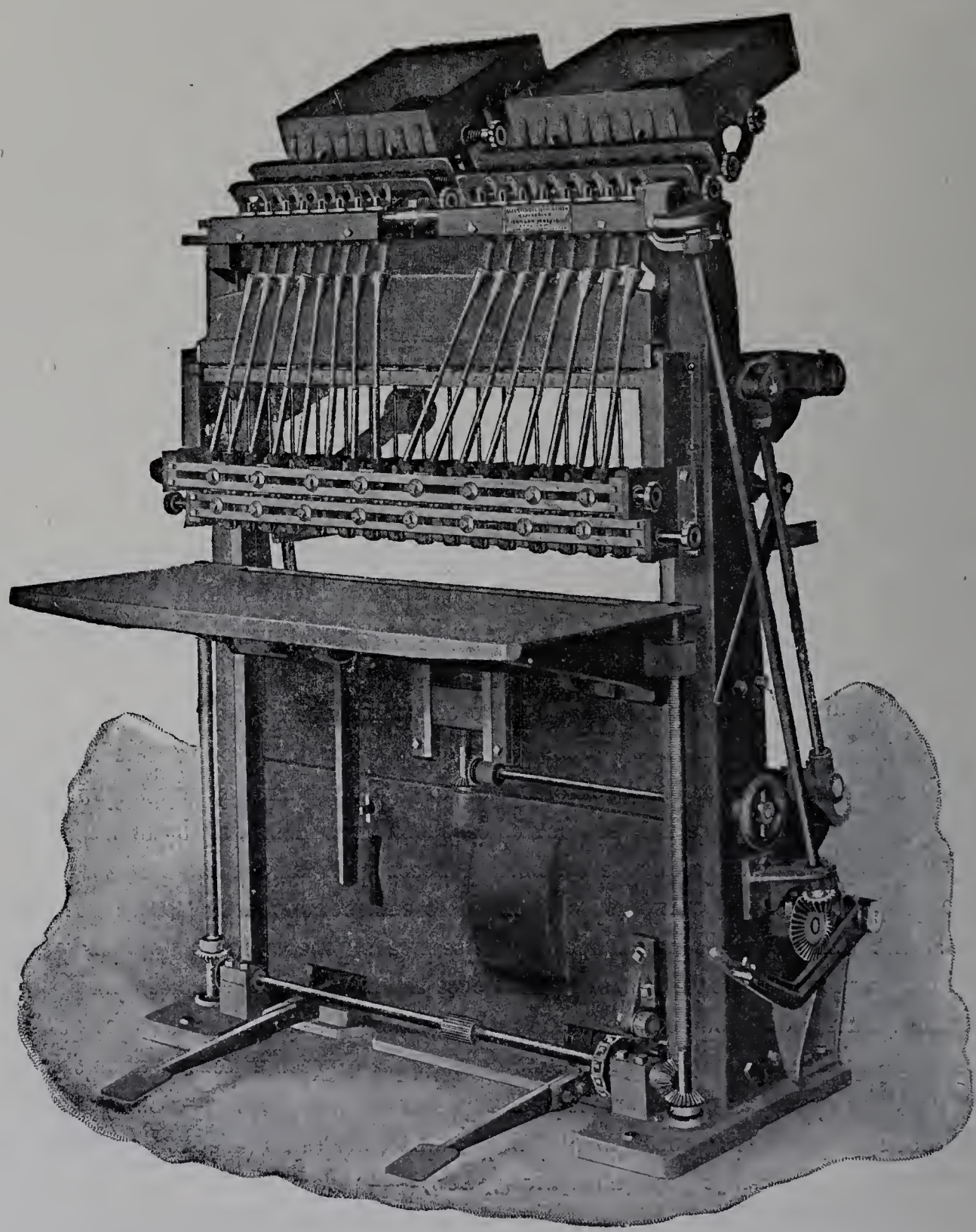


Fig. 271. — Machine à clouer (Morgan).

les pointes des clous et les fait rentrer dans le bois. Quand on ne se sert pas du riveur, la barre est remontée jusqu'au niveau du plateau et assujettie au moyen d'une cheville qui la maintient en position (Morgan Machine Company).

La production d'une seule machine peut atteindre 4,000 caisses par jour.

Construction des caisses entourées de fil de fer. — M. Healy (William) exposait une série de trois machines pour la *construction de caisses d'emballage entourées de fil de fer,* en bois mince ou en bois scié de l'épaisseur des caisses d'emballage ordinaires. Une première machine assujettit le fil de fer à la carcasse déployée au moyen de clous à double pointe, recourbés ensuite à l'intérieur de la caisse, et fixe de chaque côté de la carcasse de petites lattes ou règles en bois; ensuite la machine à onglets, ou à encocher, pratique trois saignées dans la carcasse, la divisant en quatre parties destinées à former les deux côtés, le dessus et le dessous, et coupe les extrémités à la dimension nécessaire, en même temps qu'elle fait les encoignures des règles, qui permettront de plier la caisse; enfin, une machine à clouer fixe les deux parties extrêmes de la boîte et termine le travail.

Les boîtes ainsi construites donnent une grande solidité pour un poids de bois relativement faible.

MACHINES DIVERSES.

Nous signalerons parmi les machines diverses les machines à trancher le bois (système Oliver), les machines à sculpter, les machines à faire la laine de bois et les machines à polir et à poncer.

Machines à trancher le bois (système Oliver). — Une série de machines à trancher, actionnées à la main, dont l'invention d'origine américaine (système Oliver) date d'une quinzaine d'années, étaient exposées par l'American Machinery Company.

Ces appareils permettent d'exécuter avec rapidité les différents travaux que l'ouvrier menuisier, ébéniste ou modeleur effectue le plus souvent au ciseau; ils ont des dimensions variables, les plus petits pouvant être placés sur un établi et affectés d'une façon spéciale à un ouvrier, les plus grands étant destinés à l'ensemble de l'atelier. Ils se composent essentiellement d'une table horizontale sur laquelle sont tracées des graduations d'angle, suivant lesquelles on peut disposer deux guides mobiles verticaux; deux couteaux sont supportés par les deux côtés égaux d'un triangle isocèle vertical et peuvent recevoir un déplacement transversal convenablement guidé à l'aide d'un levier ou d'un tourniquet par pignon et crémaillère, de façon à trancher le bois dans les conditions voulues. L'emploi à volonté de l'une ou l'autre des deux lames ou des deux guides permet de présenter toujours le bois suivant le fil.

Des triangles sur lesquels on peut appuyer la pièce à travailler complètent la machine.

Machines à sculpter. — Parmi les machines disposées pour sculpter, nous citerons d'abord une machine à main de MM. Fay et Egan. Elle consiste essentiellement en un arbre qui tourne dans de longues portées et porte vissés à son extrémité les longs outils à sculpter et à dessiner, sous lesquels l'ouvrier promène les bois à travailler.

Dans un ordre d'idées un peu différent, M. Ransome exposait une machine, type

Marbut, dont la conception est due à M. Henri Marles et qui a pour but de sculpter, sur des moulures droites, préalablement formées par une machine à moulurer à quatre faces, les différents dessins exécutés par cinq groupes de ciseaux fixés chacun dans une coulisse séparée, à laquelle une manivelle imprime un mouvement réciproque très rapide. Quelques-unes des coulisses porte-ciseaux sont placées verticalement, d'autres horizontalement, mais chacune peut s'incliner pour le découpage du dessous et deux des porte-

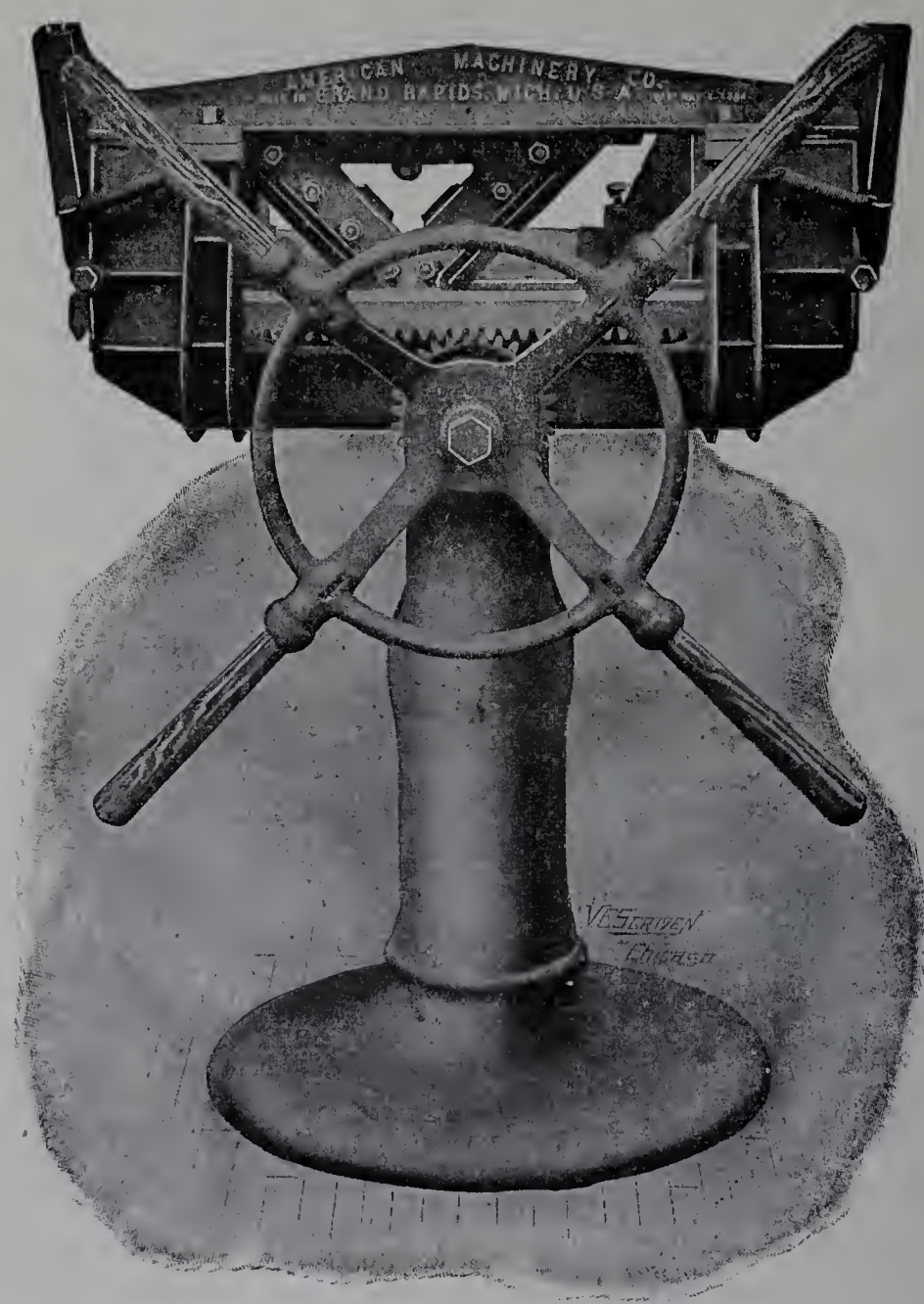


Fig. 272. — Machine à trancher d'atelier (Oliver).

ciseaux possèdent en outre un mouvement rotatif de façon à former, à l'aide de fraises, des dessins convexes ou concaves (fig. 273).

L'amenage se fait à l'aide d'une bande sans fin d'acier, garnie d'un grand nombre de pointes en saillie qui mordent sur le dessous de la moulure et l'entraînent. Le mouvement de cette bande est réglé de façon que la moulure s'arrête automatiquement en face de chacun des groupes de couteaux et s'avance ensuite de la longueur voulue pour être soumise de nouveau à la même série d'opérations.

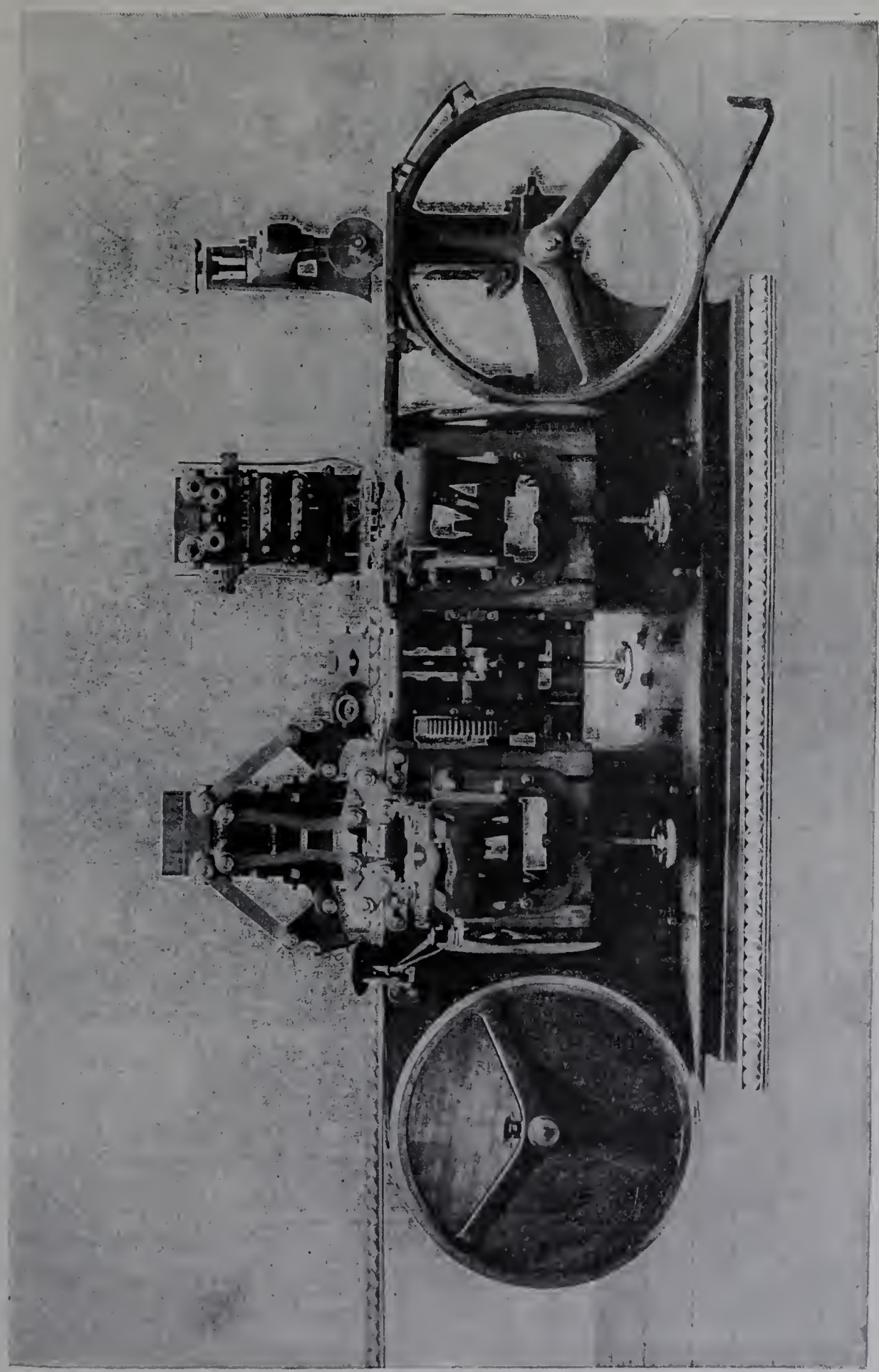


Fig. 273. — Machine à sculpter *Marbut* (Ransome).

Machines à faire la laine de bois. — L'emploi de la paille ou laine de bois a pris depuis une vingtaine d'années un grand développement pour l'emballage, la confection des matelas bon marché, etc. Les machines destinées à cette fabrication, dont un spé-

cimen figurait déjà en 1889, dans l'exposition de M. Arbey, se composent généralement d'un long bâti supportant à l'une de ses extrémités deux poulies, l'une folle, l'autre fixe, et un volant manivelle, qui transmet le mouvement par l'intermédiaire d'une bielle, à un coulisseau armé de couteaux; le bois avance automatiquement sur ces couteaux, à une vitesse que l'on peut varier suivant l'épaisseur des fibres à obtenir. Une machine présentée par M. Kirchner permet de travailler simultanément quatre morceaux de bois placés dans un plan vertical par paire côte à côte; le chariot, qui est double, porte au milieu les fers à rifler et des deux côtés un fer droit, l'un qui coupe, lorsque le chariot avance, et l'autre, lorsqu'il recule; le fer qui n'agit pas recule un peu, afin d'éviter un frottement inutile. Chaque morceau de bois à travailler est tenu entre deux rouleaux cannelés verticaux, dont l'un est mobile et constamment pressé contre le bois par un ressort; les rouleaux reçoivent de l'arbre moteur un mouvement de rotation l'un à droite, l'autre à gauche, de façon à imprimer un avancement régulier du bois contre les fers. Les différentes épaisseurs des fibres sont obtenues par le changement d'un pignon et la largeur par l'emploi de fers à rifler différents. La production peut être de 150 à 300 kilogrammes à l'heure suivant l'épaisseur des fibres.

Machines à polir et à poncer. — MM. Fay et Egan et M. Robinson exposaient une machine à poncer les surfaces planes des pièces de bois qui entrent dans la fabrication des meubles : pianos, portes, panneaux, voitures, etc. Le travail est exécuté par trois cylindres horizontaux couverts d'un papier verré de grain de plus en plus fin et animés d'un rapide mouvement de rotation, en même temps que d'un mouvement de va-et-vient suivant leur axe, de façon à éviter les traits. L'amenage se fait au moyen de huit rouleaux entraîneurs commandés par engrenages, dont quatre supérieurs et quatre inférieurs, les rouleaux supérieurs pouvant se relever ou s'abaisser pour convenir aux différentes épaisseurs de bois.

Pour le finissage de pièces qui ne peuvent passer par la finisseuse à rouleaux, en particulier pour l'achèvement de pièces montées, MM. Fay et Egan proposent une machine constituée par une courroie sans fin en papier verré qui s'enroule sur deux tambours horizontaux et passe sur une table dressée horizontale.

Les mêmes constructeurs exposent également une machine réunissant sur son bâti un arbre vertical et un disque, dont la tranche est verticale. L'arbre vertical possède, outre son mouvement de rotation, un mouvement alternatif suivant son axe et peut recevoir des manchons de différents diamètres ou des prismes, pour l'emploi desquels on supprime le mouvement de rotation; le disque à poncer est placé symétriquement par rapport à l'arbre vertical et porte tendue sur sa tranche une feuille de papier verré. La machine peut être avantageusement utilisée pour le polissage sur champ des surfaces droites ou courbes et des surfaces planes de petites dimensions.

TROISIÈME PARTIE.

MACHINES À TRAVAILLER LES MATIÈRES DIVERSES.

Machines servant à l'exploitation de la pierre et des matériaux pierreux : machines à débiter les marbres et les pierres dures à l'aide de scies diamantées; machines à tailler et dresser les pierres (système Trier); broyeurs. – Machines à travailler le liège.

En dehors des machines à travailler les métaux et les bois, la Classe 22 comprenait quelques machines servant à l'exploitation de la pierre et des matériaux pierreux et au travail du liège; nous allons en dire quelques mots.

MACHINES SERVANT À L'EXPLOITATION DE LA PIERRE ET DES MATÉRIAUX PIERREUX.

Nous trouvons, dans cette catégorie des machines à débiter les pierres à la scie diamantée, des machines à dresser les pierres et des broyeurs.

Machines à débiter les marbres et les pierres dures à l'aide de scies diamantées. — L'usage du diamant enchâssé dans des métaux pour le travail des pierres dures paraît avoir été connu des anciens Égyptiens, puis des Romains auxquels les premiers l'auraient transmis; toutefois il a été longtemps mis de côté et on ne le voit réapparaître que vers le milieu du XIXe siècle.

En mai 1854, M. Bigot-Dumaine fit breveter le procédé qui consiste à monter des diamants sur burins pour tourner et raboter la pierre, à peu près en même temps que M. Hermann, qui avait eu la même idée, étendait l'invention au sciage et au perçage des pierres, à l'aide de la scie alternative à diamants et de la couronne perforatrice; les perforatrices à diamants furent ensuite perfectionnées, d'abord par M. Lesclot, puis par les ingénieurs des différentes puissances, et, après avoir été appliquées en 1878 au percement du Saint-Gothard, elles entrèrent définitivement dans la pratique courante.

Les premiers essais de scie circulaire diamantée datent de 1863 et sont dus à James Gilmor de Painesville (Ohio); les diamants étaient sertis directement dans la lame par un mattage à froid.

A différentes reprises, d'autres inventeurs français ou étrangers se sont occupés de cette question, mais ils ont dû lutter contre la difficulté du sertissage, qui doit résister à toutes les vibrations et les ébranlements des outils.

A l'Exposition de 1889, différents modèles de scies diamantées étaient présentés, notamment par MM. d'Espine, Achard et Cie, qui exposaient une scie circulaire

IMPRIMERIE NATIONALE.

diamantée de 0 m. 60 de diamètre. La vitesse de sciage dépassait 0 m. 50 à l'heure dans le marbre, soit 8 centimètres environ à la minute.

Toutefois les premiers procédés de diamantage qui étaient basés soit sur le sertissage à froid, soit sur le brasage au cuivre ou avec un alliage de ce métal, n'ont pas donné de résultats satisfaisants et les diamants sautaient fréquemment; aussi les constructeurs MM. d'Espine, Achard et Cie et M. Fromholt qui, en 1900, exposaient différents modèles de scies, semblent avoir tout d'abord porté leurs efforts sur la manière d'enchâsser le diamant et sont arrivés, par des méthodes légèrement différentes, à diamanter les lames sans aucune autre matière soudante que l'acier lui-même.

MM. d'Espine, Achard et Cie, après avoir d'abord utilisé le procédé Kohler, qui consiste à emprisonner le diamant entre deux épaisseurs de fer ou d'acier soudées à chaud l'une sur l'autre, emploient maintenant un procédé particulier, dont ils conservent le secret.

Quoi qu'il en soit, les blocs d'acier sont ensuite arrondis pour former des rondelles diamantées, offrant chacune à sa circonférence l'arête d'un diamant. On pratique

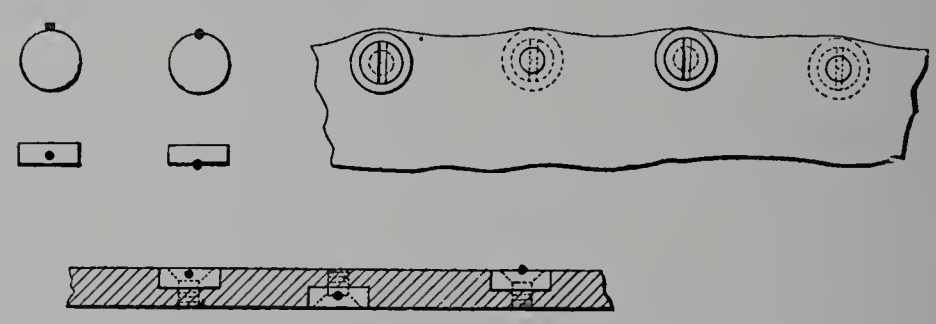


Fig. 274. — Scie diamantée d'Espine, Achard et Cie.

ensuite l'enchâssage de ces rondelles dans la lame d'acier en fraisant, au bord de la circonférence de celle-ci, une série de cavités ayant exactement les dimensions des rondelles diamantées; ces cavités sont fraisées à une profondeur égale environ à la moitié de l'épaisseur de la lame et sont pratiquées successivement et alternativement sur les deux faces à des écartements variables, suivant la nature et la dureté de la pierre; plus la pierre à scier est dure, plus il faut rapprocher les rondelles et par conséquent en augmenter le nombre. Enfin les rondelles sont fixées dans la lame à l'aide de vis.

Lorsque la lame de scie est entièrement garnie de ses rondelles diamantées, on pratique à la lime un dégagement entre les diamants, ayant pour but de ménager un espace convenable pour loger l'eau d'arrosage et la boue de sciage.

MM. d'Espine, Achard et Cie, qui n'avaient pu, faute de place, installer et faire fonctionner leurs machines, n'en exposaient que les photographies. Ils construisent deux types de machines : le grand modèle pour lames de tout diamètre jusqu'à 3 mètres, destiné soit à l'équarrissage des blocs, soit à leur débit en tranches d'épaisseur quelconque; le petit modèle, avec lame en porte-à-faux, pour tous diamètres de lames depuis 0 m. 75 jusqu'à 1 m. 50, spécialement destiné à exécuter des débits secondaires sur les tranches de pierres préalablement débitées sur le grand modèle.

C'est également à chaud que M. Fromholt effectue le sertissage du diamant. Mais comme l'expérience lui aurait démontré que le diamant noir, généralement employé dans les forages et dans les mines, a une tendance à se désagréger par la chaleur, en raison même des impuretés qu'il renferme, il a imaginé de remplacer le diamant noir par le diamant cristallisé, appelé *boort,* que ses impuretés en moins grand nombre d'ailleurs que celles du diamant noir ne permettent pas d'utiliser dans la joaillerie. Le mode de sertissure de M. Fromholt serait ainsi sans danger pour le boort, alors que, pour s'appliquer au diamant noir, il devrait être effectué rapidement et avec certaines précautions.

Le procédé est le suivant :

Après avoir préparé dans un petit bloc d'acier une encoche permettant de recevoir le diamant, on porte ce bloc d'acier à la température rouge, puis on dispose le diamant dans l'encoche préparée et l'on fait immédiatement passer le tout entre les cylindres d'un petit laminoir; le bloc d'acier est déformé dans tous les sens et le diamant est complètement enchâssé dans le bloc d'acier, en émergeant légèrement de l'une des faces de ce bloc. Il suffit ensuite de façonner le bloc d'acier de manière à amener la pierre dure dans la face travaillante de l'outil tout monté, puis de préparer un autre bloc renfermant un autre diamant, le placer sur le même porte-outil et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'on ait garni les faces travaillantes de l'outil.

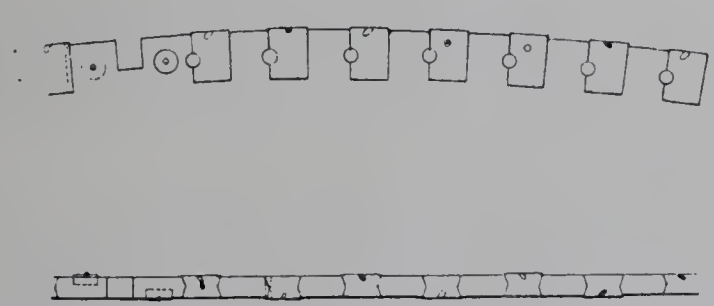


Fig. 275. — Scie diamantée Fromholt.

Les porte-diamants mis d'égale hauteur sont introduits dans les encoches préparées mécaniquement dans les lames ou les disques à la même profondeur. Ils sont maintenus en place, sur le disque ou la lame, au moyen de vis ou de rivets prenant à la fois les deux pièces.

Les outils ainsi montés peuvent, suivant la forme de leurs supports, être utilisés sur différentes machines que construit M. Fromholt et qui comprennent des scies circulaires, des scies alternatives, des machines à fraiser et à moulurer suivant gabarits, des tours à fraise diamantée, des machines à percer, des perforatrices, etc.

Les scies circulaires qui nous intéressent d'une façon plus particulière, et dont un petit modèle d'expérience fonctionnait dans la Classe 22, se composent de deux parties, l'une comprenant l'appareil de sciage monté sur un massif en maçonnerie avec ses transmissions et changements de vitesse, l'autre le châssis présentant la pierre à l'outil.

Le chariot, qui porte la pierre, roule au moyen de galets sur trois rails et porte une crémaillère commandée par vis sans fin.

Les scies circulaires de M. Fromholt ont été utilisées, sur le chantier des Champs-Élysées, pour le sciage des blocs destinés à la construction du grand palais des Beaux-Arts.

Pour le sciage des pierres dures formant le soubassement de l'édifice, la lame de scie avait 2 m. 20 de diamètre et portait 200 diamants à raison de 40 de champ, 80 sur les arêtes et 80 sur les faces; elle tournait à 300 tours à la minute et son avancement moyen dans la roche d'Euville était de 0 m. 30 par minute.

Pour le sciage des pierres tendres formant l'élévation de la construction, la scie était composée de dents en acier montées sur la lame dans des encoches, comme les porte-diamants des lames diamantées, et maintenues par des vis pressant la lame et la dent. De cinq en cinq dents, une dent était remplacée par une pièce d'acier portant de chaque côté sur les flancs un diamant qui sert à maintenir la voie. La lame ne faisait que 12 tours à la minute et son avancement moyen dans la pierre de la vallée de l'Oise atteignait 1 mètre par minute.

Machine à tailler et dresser les pierres (système Trier). — MM. Brunton et Trier exposaient une machine à tailler et dresser les pierres, utilisant des couteaux en forme de coupelles, qui agissent par un de leurs bords et qui, montés fous sur leurs axes, prennent pendant leur translation un mouvement de roulement sous l'influence de leur frottement sur la pierre. L'outil est d'ailleurs le même que celui dont il a été déjà question pour le dressage des meules d'émeri.

Le chariot porte-outils reçoit dans une glissière verticale un mouvement alternatif de montée et de descente, par le moyen d'un plateau-manivelle à engrenages et un arbre à pignons; il porte 3 couteaux circulaires principaux, qui agissent dans un sens et font la plus grande partie du travail, et 2 couteaux qui agissent en sens inverse et amorcent le travail des autres. La table sur laquelle est fixée la pierre glisse sur un banc horizontal et reçoit d'un arbre à vis sans fin son mouvement dans les deux sens.

Il est avantageux de dégrossir les pierres dans une certaine mesure avant de les mettre sur la machine, afin que celle-ci n'ait pas à enlever plus de 3 à 5 centimètres pour finir l'ouvrage d'un seul coup. On commence par ébaucher les arêtes à grande vitesse, puis on procède au dégrossissage et au finissage de la surface par une seule et même opération. L'avancement de la pierre devant les couteaux varie de 5 centimètres par minute pour le granit jusqu'à 15 centimètres pour le grès.

Broyeurs. — Comme exemple de machines à broyer les matériaux divers, nous citerons le broyeur à mâchoires de M. Lenicque. La machine possède une mâchoire mobile qui reçoit son mouvement d'une bielle et une mâchoire fixe dont l'écartement est réglé par un coin. Dans le haut des mâchoires il y a broyage par écrasement et dans le bas broyage par torsion (fig. 276).

MACHINES À TRAVAILLER LE LIÈGE.

Trois constructeurs présentaient des outils et machines destinés au travail du liège : MM. Julio et Franco, de Lisbonne, deux machines à bras, qui n'offrent pas de perfectionnement sensible sur les machines qui ont figuré dans les Expositions précédentes:

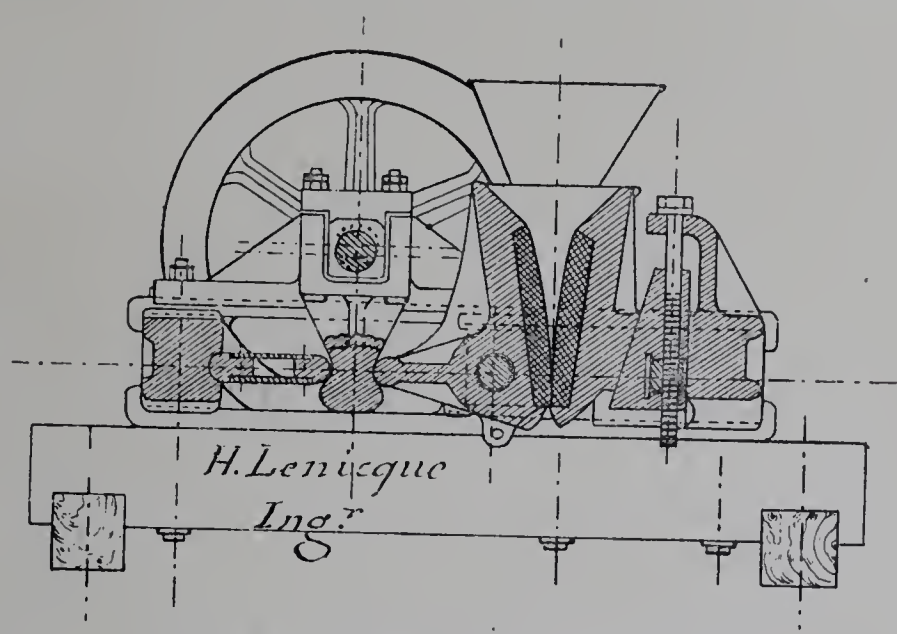


Fig. 276. — Broyeurs à mâchoires (Lenicque).

M. Sauton, une nouvelle machine à tourner les bouchons automatiquement, permettant de fabriquer 1,250 objets à l'heure, mais qui laissait à désirer au point de vue de la construction mécanique. Enfin MM. Mercier exposaient d'abord une collection de couteaux, lames et accessoires divers employés dans le travail du bouchonnier, puis des machines servant à couper le liège en carrés, une machine à tourner les bouchons cylindriques et coniques et une machine à fabriquer les bouchons à angles soutenus, carrés et ronds; toutes ces machines fonctionnent à bras; MM. Mercier font observer que le fabricant de bouchons doit rechercher avant tout la qualité du produit et non la quantité, et que, dans les machines fonctionnant à bras, l'ouvrier a constamment les yeux fixés sur son carré de liège et peut le centrer à volonté, de façon à tirer le meilleur parti possible de la matière. L'avenir seul permettra de dire si le principe de l'automaticité ne peut être étendu sans inconvénient à cette branche de l'industrie.

TABLE DES FIGURES.

INTRODUCTION.

Pages.

a. Machine à percer horizontale à commande électrique (Société Alsacienne) 183
b. Harnais d'engrenages 185

PREMIÈRE PARTIE.

MACHINES À TRAVAILLER LES MÉTAUX.

CHAPITRE PREMIER. — TOURS.

1. Tour à charioter et à fileter, modèle 1900 (Pratt et Whitney) 191
2, 3, 4. Bancs de tour 192
5. Bancs de tour 193
6. Coupe du banc de tour de la Dresdner-Bohrmaschinen-Fabrik 194
7. Demi-coussinet «Reed» 195
8. Harnais «Norton» 198
9. Butée mobile pour filetage (Huré) 200
10. Mécanisme hydraulique des tours à fileter (Reinecker) 200
11. Dispositif Reed pour les tournages coniques 201
12. Outil de centrage «Droop et Rein» 202
13. Foret de centrage américain 203
14. Appareil «Leland et Faulconer» à rectifier les pointes de tour 203
15. Plateau «Swetland» 204
16. Mandrin magnétique pour tours (Walker) 204
17. Mandrin à douille expansible 205
18. Support d'outil «Sweet» 206
19. Porte-outil «Woodbrige» 207
20, 21. Porte-outil «Hill» 207
22. Outil à tronçonner «Johnson» 208
23. Porte-outil à fileter «Pratt et Whitney» 208
24. Outil à fileter de la Rivett Dock Company 209
25. Tour vertical (Niles) 214
26. Tour vertical (Niles). Coupe par l'axe 215
27. Coupe par l'axe du tour vertical Bullard 216
28. Filière à déclenchement 220
29. Filière fendue 220
30. Filière «Geometric Drill» 221
31. Filière «Tucker» 221
32. Outil circulaire 223
33. Mandrin tournant à mâchoire 224
34. Mécanisme d'avance de la barre (Pittler) 226
35. Tour revolver à tourelle plate «Hartness» 228
36, 37. Tour revolver à tourelle plate «Hartness». — Mandrin de serrage 230

Chapitre premier. — Tours. (Suite.)

38. Tour revolver à tourelle plate «Hartness». — Mécanisme d'avancement de la barre. 230
39. Tour revolver à tourelle plate «Hartness». — Tourneur. 231
40. Tour revolver à tourelle plate «Hartness». — Tourneur pour cônes. 231
41. Tour revolver à tourelle plate «Hartness». — Porte-outil circulaire 232
42. Tour revolver à tourelle plate «Hartness». — Chariot transversal. 232
43. Porte-outil (Herbert). 234
44. Mandrin de serrage (Herbert). 234
45. Tour à revolver (Gisholt). 236
46. Tracé des cames pour tours automatiques. 241
47. Machine à décolleter automatique (Brown et Sharpe). 245
48. Bouton double à collet. 247
48 *bis*. Porte-filière «Randles» 250
49. Colonnette de main-courante de locomotive. 250
50. Tour automatique avec magasin (Pratt et Whitney). 251

Chapitre II. — Machines à percer.

51, 52. Rotation du foret ou de la pièce. 255
53. Machine à percer à tourelle (Quint). 257
54. Machine à percer à broches multiples (Pratt et Whitney). 258
55. Transmission par courroie du mouvement de rotation de la broche dans les machines radiales. 260
56, 57. Forets hélicoïdaux à tubes d'huile. 262
58. Appareil «Norris» à percer à grande vitesse. 263
59. Cliquet «Williams». 264
60. Raquette à percer «Dolder et Schmidli». 264
61. Schéma de la perceuse «Taylor et Ellis». 265
62. Foret de machine à percer les canons de fusil (Pratt et Whitney). 267

Chapitre III. — Machines à aléser.

63. Aléseuse-fraiseuse (Société Alsacienne). 272
64. Lame à aléser «Huré». 274

Chapitre IV. — Machines à tarauder.

65. Appareil à tarauder (système Pearn). 275
66. Mandrin de taraudage «Idéal» 276
67. Filière «Grant». 279

Chapitre V. — Machines à raboter.

68. Enroulement du câble de la raboteuse Kirchner. 283
69. Débrayage différentiel (Flather). 284
70. Débrayage différentiel (Pond). 285
71. Machine à raboter à un seul montant (Deutsche Werkzeugmaschinen Fabrik). 287
72. Machine à raboter universelle (Sculfort et Fockedey). 291
73. Commande Whitworth pour étaux-limeurs. 293
74. Commande Whitworth pour étaux-limeurs. — Courbe des vitesses. 293
75. Commande par bielle oscillante. 294
76. Commande par bielle oscillante. — Courbe des vitesses. 295

Chapitre V. — Machines à raboter. (Suite.)

77. Commande de l'étau-limeur Ducommun..... 296
78. Commande de l'étau-limeur Ducommun. — Courbe des vitesses..... 297
78 *bis*. Étau-limeur (Pratt et Whitney)..... 300
79. Mandrin magnétique pour machines à raboter (Walker)..... 302
80. Barre de rayage..... 303
81. Mécanisme d'avance des outils dans la machine à rayer les canons de fusil (Pratt et Whitney)..... 304

Chapitre VI. — Machines à mortaiser.

82. Machine à rainer «Colburn»..... 309

Chapitre VII. — Machines à fraiser.

83. Fraiseuse «Lincoln»..... 311
84. Arbre porte-fraise, un tourillon conique et un tourillon cylindrique (Bariquand et Marre)..... 314
85. Arbre porte-fraise, tourillon voisin de l'outil dans les machines à façonner à articulation (Ernault)..... 315
86. Arbre porte-fraise, deux tourillons cylindriques (Schultz)..... 316
87. Bascule de changement de marche (Bariquand et Marre)..... 323
88. Levier double à bascule empêchant l'embrayage simultané du mouvement d'avance et du mouvement de retour (Reinecker)..... 325
89. Machine à fraiser universelle n° 4 (Brown et Sharpe)..... 326
90. Machine à fraiser horizontale n° 3 (Bariquand et Marre)..... 327
91. Machine à fraiser horizontale n° 5 (Brown et Sharpe)..... 328
92. Machine à fraiser horizontale, 2 mètres sur 0 m. 800 (Reinecker)..... 330
93. Dispositions de la tête de la machine à fraiser universelle (Ernault)..... 331
94. Machine à fraiser horizontale à mouvements rapides automatiques (Bouhey)..... 332
95. Machine à fraiser horizontale à deux têtes, genre raboteuse (Pratt et Whitney)... 334
96. Machine à fraiser horizontale, genre raboteuse (Ingersoll)..... 335
97. Machine à fraiser verticale n° 4 (Bariquand et Marre)..... 338
98. Machine à fraiser verticale (Société Alsacienne)..... 339
99. Machine à fraiser verticale (Brown et Sharpe)..... 340
100. Machine à fraiser verticale, genre raboteuse (Pratt et Whitney)..... 341
101. Transmission du mouvement de rotation par courroie enroulée (Droop et Rein)... 342
102. Diviseur universel (Cincinnati Milling Machine Company)..... 343
103. Appareil à tailler les crémaillères (Bariquand et Marre)..... 344
104. Porte-fraise universel (Reinecker)..... 345
105. Appareil à fraiser à grande vitesse (Cincinnati)..... 345
106. Appareil à fraiser à grande vitesse (Brown et Sharpe)..... 346
107. Appareil à tailler les cames (Cincinnati)..... 346
108. Appareil à mortaiser (Brown et Sharpe)..... 347
109. Coupe de la tête de la machine à fraiser universelle (Huré)..... 349
110. Machine à reproduire à battant (Ernault)..... 350
111. Mouvements de reproduction..... 353
112, 113. Mouvements de reproduction..... 354
114, 115, 116. Mouvements de reproduction..... 355
117, 118. Mouvements de reproduction..... 357

Chapitre VII. — Machines à fraiser. (Suite.)

119, 120. Mouvements de reproduction..... 359
121, 122. Mouvements de reproduction..... 360
123, 124. Mouvements de reproduction..... 361
125. Machine de M. Ledru à réduire la gravure en ligne droite..... 368
126. Nombre de dents des fraises..... 370
127. Fraise hélicoïdale au pas de quatre fois et demi le diamètre..... 371
128. Fraise à dents interrompues..... 372
129. Fraise à dents rapportées (Brown et Sharpe)..... 372
130. Fraise à dents rapportées (Pratt et Whitney)..... 372
131. Fraise à boutons (Ingersoll)..... 373
132. Profil d'une dent..... 373
133. Diamètre des fraises..... 374
134, 135. Fraises à profil invariable..... 376
136, 137, 138. Fraises à profil invariable..... 377
139. Fraises à profil invariable..... 379
140. Fraise à profil invariable et denture hélicoïdale..... 380
141. Fraise en bout, à burins..... 381
142. Fraise en bout, à dents rapportées..... 581
143. Fraise en bout (Droop et Rein)..... 381
144, 145. Mouvement des fraises..... 382
146, 147. Mouvement des fraises..... 384
148. Mouvement des fraises..... 386

Chapitre VIII. — Machine à scier les métaux.

149. Machine universelle à scier les métaux (Molé)..... 390

Chapitre IX. — Machines à tailler les engrenages divers.

150. Machine automatique à tailler les roues (Brown et Sharpe)..... 395
151. Machine automatique à tailler les roues. — Mécanisme de M. Gabriel..... 396
152. Fraise multiple à ébaucher et à faire les dents..... 397
153. Levier de changement de marche (machine Bouhey)..... 398
154. Fraise multiple «Swasey»..... 400
155, 156. Fraise «Biernatzki»..... 400
157, 158. Machine «Fellow»..... 401
159. Machine «Fellow»..... 402
160. Machine à tailler les engrenages coniques (Rice)..... 405
161. Machine à tailler les engrenages coniques, jusqu'à 200 millimètres de diamètre (Oerlikon)..... 407
162. Machine à tailler les engrenages coniques, à denture droite ou hélicoïdale (Bouhey). 409
163. Machine à tailler les engrenages coniques (Gleason)..... 411
164. Machine à tailler les engrenages coniques, jusqu'à 500 millimètres de diamètre (Oerlikon)..... 412
165. Machine à tailler les engrenages coniques (Smith et Coventry)..... 413
166, 167. Machine à tailler les engrenages coniques (Smith et Coventry)..... 414
168. Machine à tailler les engrenages coniques (Smith et Coventry)..... 415
169. Tailleuse automatique pour pignons coniques hélicoïdaux, système Monneret (Ernault)..... 416

Chapitre IX. — Machines à tailler les engrenages divers. (Suite.)

170. Tailleuse automatique pour pignons coniques hélicoïdaux, système Monneret (Ernault) 417
171. Tailleuse automatique pour pignons coniques hélicoïdaux, système Monneret (Ernault) 420
172. Vis-mère «Brown et Sharpe» à tailler les roues à vis sans fin 421
173. Machine à tailler les roues à vis sans fin (Reinecker) 423
174. Machine à fileter les tire-fond à la fraise (Baker brothers) 426
175. Machine à fileter les tire-fond à la fraise (Baker brothers) 427

Chapitre X. — Meules et machines à meuler.

176. Appareil «Trier» pour repasser les meules 434
177. Broche porte-meule des machines à rectifier les surfaces cylindriques (Brown et Sharpe) 436
178. Broche de l'appareil à rectifier intérieurement (Brown et Sharpe) 436
179. Machine à rectifier les surfaces cylindriques et coniques, universelle (Brown et Sharpe) 439
180. Machine à rectifier les surfaces cylindriques et coniques, universelle (Brown et Sharpe). — Mécanisme d'avance automatique de la meule 440
181. Machine à rectifier ordinaire (Brown et Sharpe) 441
182. Machine à affûter les outils (Gisholt) 442
183. Machine à affûter les fraises (Société Alsacienne) 448
184. Machine à affûter les fraises (Walker). — Coupe verticale 449
185. Machine à affûter les fraises (Schmaltz) 450
186. Machine à affûter les fraises (Kreutzberger) 452
187. Machine automatique à affûter les scies (Schmaltz) 455
188. Machine à rectifier les cuvettes de bicyclettes (Pratt et Whitney) 458

Chapitre XI. — Marteaux-pilons.

189. Tête du marteau «Hanzer» 460
190. Tête du marteau «Bliss-Stiles» 460
191. Mouton mécanique à planche pour travaux d'horlogerie (Bliss-Stiles) 461
192. Marteau à excentrique et à ressort (Massey). — Attelage de la bielle et du battant. 462
193. Marteau atmosphérique (Samuelson-Longworth). — Coupe 464

Chapitre XII. — Presses.

194. Machine «Cousin et Alder» pour le découpage des métaux en feuilles. — Poinçon et matrice 466
195, 196. Machine «Golding» à fabriquer le métal déployé 467
197. Dispositif excentrique «Stiles» de la tête de bielle 469
198. Presse à emboutir à genouillères (Bliss) 470
199. Presse à emboutir à genouillères (Bliss). — Genouillères en ligne pendant l'emboutissage 471
200, 201. Dispositif «Liais» 472
202, 203. Outillage pour découper et emboutir 473
204. Outils combinés (Lapipe et Wittmann) 474
205. Machine à fabriquer les capsules d'étain (Leroy) 476
206. Fabrication des bidons de luciline (Bliss). — 2e opération 477

Chapitre XII. — Presses. (Suite.)

207. Boîte métallique «Carbone» 478
208. Découpoir hydraulique (Breuer). — Outil 480
209. Riveuse «Kodolitsch» 482
210. Riveuse mobile électrique (Delaloe et Piat) 483
211. Machine à forger les écrous (Le Blanc) 486
212. Machine à fileter les tire-fond à chaud (Le Blanc) 487

Chapitre XIII. — Machines à travailler les tôles, les fers en bandes, etc.

213, 214. Machine à cintrer les tubes à froid (Dard) 490
215. Machine à couder et refouler (Dard) 491

Chapitre XIV. — Machines-outils portatives.

216. Coupe du marteau simple «Q. and C.» 498
217. Coupe du marteau à longue course «Boyer» 499
218. Perceuse «Petit Géant» 500
219. Perceuse «Q. and C.» 501
220, 221. Perceuse «Boyer» 502
222. Palan pneumatique «Q. and C.» 503

Chapitre XV. — Matériel d'ajustage, de traçage, de mesure, de vérification, etc.

223. Trusquin-micromètre (Bariquand et Marre) 507
224. Amplificateur (Bariquand et Marre) 507
225, 226. Vérificateur optique des lignes et des surfaces «C. Dévé» 508
227. Vérificateur optique des lignes et des surfaces «C. Dévé» 509
228. Vérificateur optique des lignes et des surfaces «C. Dévé» 510
229, 230. Vérificateur optique des lignes et des surfaces «C. Dévé» 511
231. Pied pour dents d'engrenages (Brown et Sharpe) 514
232. Petit micromètre à friction (Bariquand et Marre) 515
233. Comparateur «Reinecker» 516
234, 235. Comparateur «Pratt et Whitney» 517
236. Comparateur «Brown et Sharpe» 518
237. Comparateur «Bariquand et Marre». — Ensemble 520
238. Comparateur «Bariquand et Marre». — Console porte-microscopes et appareil à tracer 521
239. Comparateur «Bariquand et Marre». — Correction des traits de la règle 525

DEUXIÈME PARTIE.

MACHINES À TRAVAILLER LES BOIS.

Chapitre premier. — Machines à débiter les bois.

240. Dent en bec de perroquet et à biseau 529
241. Scie verticale alternative à plusieurs lames (Kirchner) 532
242. Scie à vapeur pour tronçonner les grumes (Ransome) 535
243. Dent rapportée (Atkins) 536
244. Dent rapportée (Simonds) 537
245. Scie circulaire à dédoubler (Fay et Egan) 538

Chapitre premier. — Machines à débiter les bois. (Suite.)

246. Scie circulaire à tronçonner, à balancier (Fay et Egan)..... 539
247. Scie à ruban pour bois en grume (Panhard et Levassor)..... 541

Chapitre II. — Machines à façoneer les bois débités.

248. Porte-outils à raboter à quatre rainures..... 545
249. Porte-outils à raboter avec fers fixés obliquement..... 545
250. Machine à déganchir et à raboter à main (Fay et Egan)..... 546
251. Machine à raboter tirant le bois d'épaisseur (Guilliet)..... 547
252. Profil des fers pour toupies..... 549
253. Outils profilés pour toupies (Fay et Egan)..... 549
254. Outils profilés pour toupies (Guilliet)..... 550
255. Outils à tenons (Guilliet)..... 550
256. Plateau à molettes «Shimer» (d'Espine, Achard et Cie)..... 551
257. Plateau à molettes «Shimer» (d'Espine, Achard et Cie)..... 552
258. Porte-outil à tenonner (Fay et Egan)..... 552
259. Machine à tenonner pour châssis et portes (Fay et Egan)..... 553
260. Machine à raboter les quatre faces (Bolinder)..... 554
261. Parqueteuse, quatre faces (d'Espine, Achard et Cie)..... 556
262. Brise-éclat pour porte-outils horizontaux (Fay et Egan)..... 557
263. Mortaiseuse (Ransome)..... 558
264. Chaîne-outil pour mortaiseuse..... 560
265. Coupe de la poupée fixe d'un tour à bois (Reed)..... 561
266. Disposition des fers dans la machine à faire les tenons obliques (Robinson)..... 564
267. Machine à faire les assemblages à queues d'aronde (Jametel). — Vue de face.... 565
267 *bis*. Machine à faire les assemblages à queues d'aronde (Jametel). — Vue de côté... 566
268, 269, 270. Assemblage à clef métallique (d'Espine, Achard et Cie)..... 566
271. Machine à clouer (Morgan)..... 568
272. Machine à trancher d'atelier (Oliver)..... 570
273. Machine à sculpter «Marbut» (Ransome)..... 571

TROISIÈME PARTIE.

MACHINES À TRAVAILLER LES MATIÈRES DIVERSES.

274. Scie diamantée (d'Espine, Achard et Cie)..... 574
275. Scie diamantée (Fromholt)..... 575
276. Broyeurs à mâchoires (Lenicque)..... 577

TABLE DES MATIÈRES.

(Groupe IV. — Deuxième partie, classes 21 et 22.)

Classe 21. — Appareils divers de la mécanique générale.

Pages.

CLASSE 21 ..... 1 à 172

Composition du Jury 3

Avant-propos 5

Chapitre premier. — Organes de transmission mécanique.

Chaises-supports, paliers et arbres de transmission. — Manchons d'accouplement, embrayages et débrayages. — Engrenages et transmissions par frottement. — Poulies. — Courroies, câbles, cordes et chaînes de transmission. — Renvois, changements de vitesse et transmissions intermédiaires.

A. Exposants hors concours 9
B. Médailles d'or 15
C. Médailles d'argent 18
D. Médailles de bronze 22
E. Mentions honorables 25
F. Exposants récompensés dont la mention principale se trouve à d'autres Chapitres, et ayant aussi présenté une contribution à la catégorie des organes de transmission mécanique 26
Résumé 27

Chapitre II. — Appareils pour la régularisation du mouvement et de la pression, pour le graissage, et pour les observations et mesures de l'ordre de la mécanique générale.

Régulateurs de vitesse et modérateurs de mouvement. — Régulateurs de pression. — Appareils de graissage et filtres à huile. — Manomètres et indicateurs du vide. — Compteurs de tours et tachymètres. — Compteurs de temps et chronographes. — Appareils et machines dynamométriques. — Appareils divers de précision, de mesure, de contrôle, de transmission d'indications à distance, de distribution, de calcul et d'enregistrement. — Appareils de pesage. — Machines pour les essais de matériaux. — Anémomètres et appareils de mesure de la vitesse des gaz. — Compteurs d'air, de vapeur, de gaz et de liquides.

A. Exposants hors concours 29
B. Grands prix 34
C. Médailles d'or 36
D. Médailles d'argent 39
E. Médailles de bronze 43
F. Mentions honorables 47
G. Exposants récompensés dont la mention principale se trouve à d'autres Chapitres, et ayant aussi présenté une contribution à la catégorie des appareils de régularisation, de graissage et de mesures 48
Résumé 49
Note additionnelle aux Chapitres I et II 51

Chapitre III. — Machines servant à la manœuvre des fardeaux et pour le transport des personnes.

Crochets, câbles et chaînes de levage. — Moufles et palans. — Crics et vérins. — Treuils, cabestans, grues, ponts roulants, bigues, etc. — Câbles, chaînes, courroies et bandes de transport. — Trottoir roulant et chemins élévateurs. — Ascenseurs, monte-charges et monte-plats.

A. Exposants hors concours 53
B. Grands prix 56
C. Médailles d'or 61
D. Médailles d'argent 62
E. Médailles de bronze 65
F. Mentions honorables 66
G. Exposants hors concours ou récompensés dont la mention principale se trouve à d'autres Chapitres, et ayant aussi présenté une contribution à la catégorie des appareils pour la manœuvre des fardeaux et le transport des personnes 66
Résumé 67

Chapitre IV. — Appareils hydrauliques élévatoires, machineries à eau et canalisations hydrauliques.

Pompes et norias. — Injecteurs, éjecteurs et pulsomètres. — Béliers, hydro-élévateurs, etc. — Presses hydrauliques et accumulateurs. — Multiplicateurs et réducteurs de pression. — Distributeurs d'eau comprimée, appareils à pression d'eau, etc. — Canalisations d'eau et accessoires.

A. Exposants hors concours 69
B. Grands prix 71
C. Médailles d'or 73
D. Médailles d'argent 77
E. Médailles de bronze 82
F. Mentions honorables 85
G. Exposants hors concours ou récompensés dont la mention principale se trouve à d'autres Chapitres, et ayant aussi présenté une contribution à la catégorie des appareils élévatoires, machineries et canalisations hydrauliques 85
Résumé 89
Note additionnelle aux Chapitres III et IV 90

Chapitre V. — Appareils pour la compression et la raréfaction de l'air et des gaz, ventilateurs, et machineries à air comprimé ou raréfié.

Ventilateurs et souffleurs. — Compresseurs et raréfacteurs. — Canalisations d'air, etc., et accessoires. — Appareils pneumatiques et transmissions de puissance par le vide ou par l'air comprimé.

A. Exposants hors concours 91
B. Grands prix 92
C. Médailles d'or 93
D. Médailles d'argent 94
E. Médailles de bronze 96
F. Mentions honorables 97
G. Exposants hors concours ou récompensés dont la mention principale se trouve à d'autres Chapitres, et ayant aussi présenté une contribution à la catégorie des appareils et machineries à air 97
Résumé 100

Chapitre VI. — Matériel de secours contre l'incendie et prévention des accidents du travail.

Appareils et matériel de premier secours. — Pompes à incendie et matériel à l'usage des sapeurs-pompiers. — Associations et appareils pour prévenir les accidents de machines.

A. Exposants hors concours 101
B. Grands prix 102
C. Médailles d'or 107
D. Médailles d'argent 108
E. Médailles de bronze 109
F. Mentions honorables 110
G. Exposants hors concours ou récompensés dont la mention principale se trouve à d'autres Chapitres, et ayant aussi présenté une contribution à la catégorie des secours contre l'incendie et prévention des accidents du travail 112
Résumé 115
Note additionnelle aux Chapitres V et VI 116

ANNEXES.

I. Programme des attributions de la Classe des «Appareils divers de la Mécanique générale» de l'Exposition universelle de 1900, suivi d'extraits de la classification générale en référence avec différents objets de ce même programme 119

II. Classement sommaire par spécialités, et par pays dans chaque spécialité, des principales contributions soumises en 1900 au Jury de la Classe 21 par les exposants hors concours ou récompensés de cette Classe 125

Section I : Organes de transmission mécanique.

I *a*. *Appareils rigides :* Chaises-supports, paliers et arbres de transmission. — Manchons d'accouplement, embrayages et débrayages. — Engrenages et transmissions par frottement. — Poulies. — Renvois, changements de vitesse et transmissions intermédiaires 126

I *b*. *Organes souples :* Courroies, câbles, cordes, chaînes et arbres flexibles de transmission 128

Section II : Appareils pour la régularisation du mouvement et de la pression, pour le graissage, et pour les observations et mesures de l'ordre de la mécanique générale.

II *a*. *Régularisation :* Régulateurs de vitesse et modérateurs de mouvement. — Régulateurs de pression 131

II *b*. *Graissage :* Appareils graisseurs et filtres à huile 132

II *c*. *Mesures diverses, contrôle, transmission d'indications à distance, distribution, calcul et enregistrement :* Manomètres et indicateurs du vide. — Compteurs de tours et tachymètres. — Compteurs de temps et chronographes. — Appareils et machines dynamométriques. — Appareils divers de précision, de mesure, de contrôle, de transmission d'indications à distance, de distribution, de calcul et d'enregistrement 133

II *d*. *Pesage :* Balances, pesons, romaines, bascules et ponts à bascule 135

II *e*. *Essais de matériaux :* Machines et appareils divers 136

II *f*. *Jaugeage des liquides, des vapeurs et des gaz :* Anémomètres et appareils de mesure de la vitesse des gaz. — Compteurs d'air, de vapeur, de gaz et de liquides ... 137

IMPRIMERIE NATIONALE.

Section III : Machines servant à la manœuvre des fardeaux et pour le transport des personnes.

III *a*. *Appareils de levage :* Crochets, câbles et chaînes. — Moufles et palans. — Crics et vérins. — Treuils, cabestans, grues, ponts roulants, bignes, etc. 138

III *b*. *Appareils de transport :* Câbles, chaînes, courroies et bandes. — Trottoir roulant et chemins élévateurs. 140

III *c*. *Ascenseurs, monte-charges et monte-plats* 141

Section IV : Appareils hydrauliques élévatoires, machineries à eau et canalisations hydrauliques.

IV *a*. *Appareils élévatoires :* Pompes et norias. — Injecteurs, éjecteurs et pulsomètres. — Béliers, hydro-élévateurs, etc. 142

IV *b*. *Machinerie à eau :* Presses hydrauliques et accumulateurs. — Multiplicateurs et réducteurs de pression. — Distributeurs d'eau comprimée, appareils à pression d'eau, etc. 146

IV *c*. *Canalisations d'eau et accessoires* 146

Section V : Appareils pour la compression et la raréfaction de l'air et des gaz, ventilateurs, et machineries à air comprimé ou raréfié.

V *a*. *Ventilateurs et souffleurs* 148

V *b*. *Compresseurs et raréfacteurs* 149

V *c*. *Canalisations d'air, etc., et accessoires* 150

V *d*. *Emplois de l'air comprimé :* Appareils pneumatiques et transmission de puissance par le vide ou par l'air comprimé 151

Section VI : Matériel de secours contre l'incendie et prévention des accidents du travail.

VI *a*. *Secours contre l'incendie et sauvetage :* Appareils et matériel de premier secours. — Pompes à incendie et matériel à l'usage des sapeurs-pompiers 152

VI *b*. *Prévention des accidents du travail :* Associations et appareils pour prévenir les accidents de machines 155

Complément de l'Annexe n° II 156

III. État alphabétique et par pays des Exposants hors concours ou récompensés en 1900 au titre de la Classe des Appareils divers de la Mécanique générale 157

Complément de l'Annexe n° III 164

IV. État alphabétique et par pays des récompenses de Collaborateurs accordées par le Jury de la Classe 21 de l'Exposition universelle de 1900 165

V. Tableau résumant, par pays, le nombre des récompenses de chaque espèce décernées en 1900 aux Exposants de la Classe des Appareils divers de la Mécanique générale et à leurs Collaborateurs 170

Classe 22. — Machines-outils.

CLASSE 22 . . . . . 173 à 598

Composition du Jury 175

INTRODUCTION.

Considérations générales sur l'exposition de la Classe 22 177
Organes principaux des machines-outils 181
Transmission de la force 181
Harnais d'engrenages 185
Arbres principaux des machines 186
Conduite des chariots 187

PREMIÈRE PARTIE.

MACHINES À TRAVAILLER LES MÉTAUX.

Chapitre premier. — Tours 189
Origine du tour 189
I. Tours horizontaux 191
Dispositions générales 191
Banc 191
Poupée fixe 194
Contre-poupée 195
Chariot 196
Tournage des pièces coniques 201
Accessoires de tours 202
Outils de centrage 202
Appareils à rectifier sur place les pointes de tour 203
Plateaux et mandrins 204
Lunettes 205
Supports d'outils 205
Appareils de fraisage 206
Outils de tours 207
Tours divers 210
Tours en l'air 210
Tours à plusieurs outils 210
Tours à plusieurs pointes 211
Tours à roues montées sur essieu 211
Tours à essieux coudés de locomotives 211
Machine à façonner les tubulures système Péarn 211
Tours à donner la dépouille aux fraises 212
Machine à tronçonner les barres (Pratt et Whitney) 212
II. Tours verticaux 213
Considérations générales 213
Plateau 214
Poupée 216
Porte-outils 216
III. Tours horizontaux à outils multiples 217
Développement des tours à outils multiples 217

Chapitre premier. — Tours (suite).

Machines à décolleter et tours à revolver à axe vertical 218
Dispositions générales 218
Filetage et taraudage 220
Outils et porte-outils 222
Serrage et desserrage des pièces, avance automatique de la barre 223
Tours à revolver à axe horizontal 227
Tour à revolver à tourelle plate, système Hartness 228
Tours divers pour le décolletage des pièces de grande longueur et de grand diamètre 233
Tours à revolver pour percer, aléser, dresser 235
Tours à revolver pour aléser, charioter, surfacer et fileter 336

IV. Tours horizontaux automatiques à outils multiples 240
Considérations générales 240
1° Tours automatiques à chariots transversaux sans revolver 242
Applications 244
2° Tours automatiques «Brown et Sharpe» 244
Machine automatique à fileter 247
3° Tours automatiques à tambour, type Hartford 247
Tours automatiques de la Wolseley S. S. M. C° 252
Machines spéciales 253
Machine à façonner les bouts des galets de roulement des machines agricoles 253

Chapitre II. — Machines à percer 254

Dispositions générales 254
Machines à percer verticales avec avance à la main 255
Machines à percer verticales avec avance automatique 256
Machines à broches multiples 257
Machines radiales 259
Outils de perçage 261
Machines spéciales 264
Machine à percer les trous polygonaux (Angular Hole Machine Company) 264
Machine à percer automatiquement les canons de fusil (Pratt et Whitney) 266

Chapitre III. — Machines à aléser 268

Dispositions générales 268
Outils d'alésage 273

Chapitre IV. — Machines à tarauder 274

Considérations générales 274
Machines à tarauder 277
Outils de taraudage 278

Chapitre V. — Machines à raboter 280

Considérations générales 280

I. Machines à raboter proprement dites 282
Appui de la table sur le banc 282

Chapitre V. — Machines à raboter (suite).

Conduite de la table 282
Commande du mouvement alternatif de la table 283
Traverse et porte-outils 286
Avance de l'outil 286
Montée et descente de la traverse 287
Machine à raboter à un seul montant 287
Machines à raboter et à fraiser 287

II. Machines à raboter latérales 288
Machine à raboter universelle de MM. Sculfort et Fockedey 289

III. Étaux-limeurs 292
Commande du mouvement de va-et-vient du coulisseau 292
Variation de l'amplitude de la course 299
Porte-outil 299
Porte-pièce 300
Mouvement d'avance 301
Dispositions particulières 301
Étaux 301

IV. Machines spéciales 303
Machine à rayer automatiquement les canons de fusil (Pratt et Whitney) 303

Chapitre VI. — Machines à mortaiser 305

Dispositions générales 305
Machines spéciales 308
Machines à rainer 308

Chapitre VII. — Machines à fraiser 310

Considérations générales 310
Caractères communs à tous les modèles de machines à fraiser 313
Arbres porte-fraise 313
Montage de la fraise 317
Chariots 318
Conduite des chariots 318
Déplacements des chariots 320
Commande générale de la machine 320
Commande de l'avance des chariots 321
Retour des chariots 324
Butées de réglage et de débrayage 325

I. Machines horizontales 325
Machines à arbre fixe 325
Machines à banc fixe et à déplacement vertical de l'arbre 329
Machines horizontales, genre raboteuse 333

II. Machines verticales 336
Machine à potence mobile 337
Machine à banc fixe 338
Machines verticales, genre raboteuse 341

Chapitre VII. — Machines à fraiser (suite).

Accessoires pour machines à fraiser horizontales ou verticales. 343
Appareils diviseurs universels. 343
Appareil diviseur avec contre-pointe et coulisse pivotante. 344
Appareil pour fraisage circulaire. 344
Appareil à fraiser les crémaillères. 344
Appareils verticaux à fraiser. 344
Appareils à fraiser à grande vitesse. 345
Appareil à tailler les cames. 346
Appareil à mortaiser. 346

III. Machines à fraiser horizontales et verticales et à orientation variable de l'arbre de la fraise. 347

IV. Machines à reproduire. 350
1° Machines rectilignes automatiques, avec mouvement de reproduction perpendiculairement à la direction de la marche automatique. 353
2° Machines rotatives automatiques, avec mouvement de reproduction suivant un rayon. 355
3° Machines à reproduire à articulation rectilignes. 359
4° Machines à reproduire à articulation rotatives. 361

V. Machines spéciales. 362
Machines à tailler les fraises. 362
Machines à tailler les forets hélicoïdaux. 364
Machines à tailler les têtes de boulons et les écrous. 365
Machines à fraiser les rainures et les mortaises. 366
Machines à fouiller la gravure d'après un tracé ou d'après un modèle. 366
Des fraises. 369
1° Fraises latérales. 369
Nombre de dents. 369
Denture hélicoïdale. 371
Fraises à dents interrompues. 372
Fraises à dents rapportées. 372
Profil de la dent. 373
Diamètre et largeur utile des fraises. 373
Confection des fraises. 375
Fraises à profil invariable. 375
2° Fraises en bout. 380
Mouvement des fraises. 382
Vitesse des fraises. 386

Chapitre VIII. — Machines à scier les métaux. 388
Division des machines à scier les métaux. 388
Scies circulaires. 389
Scies à ruban. 390
Scies alternatives. 392

Chapitre IX. — Machines à tailler les engrenages divers. 392
Considérations générales. 392

Chapitre IX. — Machines à tailler les engrenages divers (suite).

I. Machines à tailler les engrenages cylindriques 394
1° Machines à tailler les roues à la fraise 394
a. Roues à dents droites 395
Machine Brown et Sharpe 395
b. Roues à dents droites et hélicoïdales 397
Machine Bouhey 397
2° Machines à tailler les roues par engrènement 399
Machine Fellow 401

II. Machines à tailler les engrenages coniques 402
1° Machines à taillller les engrenages coniques à la fraise à profil 403
2° Machine à tailler les engrenages coniques à la fraise avec reproducteur, machine de la Rice Gear Company 404
3° Machines à raboter les engrenages coniques avec reproducteur 406
Machine d'Oerlikon 408
Machines du Progrès Industriel 408
Machine de l'usine Bouhey 408
Machine Gleason 410
4° Machines à tailler les engrenages coniques sans reproducteur 412
Machine à tailler les engrenages d'angle, Smith et Cowentry 412
Tailleuse automatique pour pignons coniques hélicoïdaux, système Monneret (Ernault) 416

III. Machines à tailler les roues à vis sans fin 421
Machine Reinecker 422

IV. Machines à tailler les vis sans fin 423
Machine Reinecker à tailler les vis sans fin à la fraise 425
Machine Holroyd, à fileter les pas de vis à la fraise 425
Machine à fileter les tire-fond à la fraise (Baker) 426

Chapitre X. — Meules et machines à meuler 429

Meules artificielles 429
Généralités sur les machines à meuler 434
Machines à dresser les surfaces planes 436
Machines à rectifier les surfaces cylindriques et coniques 438
Machines à affûter les outils de tour et de raboteuse 441
Machines à affûter les forets hélicoïdaux 442
Machines à affûter les fraises 445
Généralités 445
1° Machines à affûter sans reproducteur 447
2° Machine automatique à affûter sans reproducteur (Schmaltz) 450
3° Machine à affûter avec reproducteur 451
Machine à affûter de M. Kreutzberger 451
Machines à affûter les scies 454
Machines diverses 456
Machines à rectifier l'intérieur des trous circulaires 456
Machines à rectifier les coulisses de locomotives (Progrès Industriel) 457
Machines à rectifier les cônes et les cuvettes de bicyclettes (Pratt et Whitney) 457

Chapitre XI. — Marteaux-pilons 458

Marteau-pilon à main 458
Marteaux-pilons à courroie de friction 458
Marteaux-pilons à tige de friction 458
Marteaux à excentrique et à ressort 462
Marteaux-pilons atmosphériques 462
Marteaux-pilons à vapeur 465

Chapitre XII. — Presses 465

Machines à découper, à poinçonner, à cisailler 465
Machine «Cousin et Alder» pour le découpage des métaux en feuilles 466
Machine «Golding» à fabriquer le métal déployé 467
Presses à découper et à emboutir 469
Considérations générales 469
Outillage 473
Amenages automatiques et applications 474
Balanciers 478
Presse monétaire à leviers articulés 479
Presses à vis 480
Découpoirs et presses hydrauliques 480
Machines à river 481
Machines à faire par compression les boulons, les écrous et les vis 484
Machine à forger les boulons 484
Machine à forger les écrous 485
Machine à fileter les tire-fond à chaud 486

Chapitre XIII. — Machines à travailler les tôles, les fers en bandes et les fils métalliques, et matériel de forge 487

Cisailles pour tôles 488
Machines à plier, à border, à moulurer, à agrafer, à sertir 488
Machines à rouler, à cintrer, à couder et à refouler 490
Machines à laminer, à dresser 492
Machines à travailler les fils métalliques 492
Matériel de forge 493

Chapitre XIV. — Machines-outils portatives 494

Différents types de machines-outils portatives 494

I. Flexibles 495

II. Transmission par l'électricité 495

III. Transmission par la vapeur 496

IV. Outils pneumatiques 496
Dispositions générales 496
Marteaux 497
Riveuses 498
Perceuses 500
Appareils de levage 503

Chapitre XV. — Matériel d'ajustage, de traçage, de mesure, de vérification et d'essai de matières. 504

Matériel d'ajustage et de traçage. 504
Matériel de mesure et de vérification. 505
1° Instruments vérificateurs de direction 506
Vérificateur optique des lignes et des surfaces (système du capitaine C. Dévé). 507
2° Instruments vérificateurs de dimensions. 513
a. Instruments de vérification. 513
b. Instruments de mesure. 514
c. Instruments de comparaison. 514
Petit micromètre à friction (Bariquand et Marre). 515
Comparateur Reinecker. 516
Comparateur Pratt et Whitney. 516
Comparateur Brown et Sharpe. 518
Comparateur Bariquand et Marre. 519
Tables de correction 522
Machine à essayer les métaux. 426

DEUXIÈME PARTIE.

MACHINES À TRAVAILLER LES BOIS.

Chapitre premier. — Machines à débiter les bois. 527

Catégories diverses de machines à débiter les bois. 527

I. Scieries à mouvement rectiligne alternatif. 528
Considérations générales. 528
Outil. 529
Châssis porte-scie. 530
Avancement du bois. 531
Scies alternatives dites «sauteuses». 533
Machines à scier, à trancher ou à dérouler les bois de placage. 533
Machines à action directe de la vapeur pour abattre ou tronçonner les arbres. 534

II. Scieries circulaires. 536

III. Scieries à lame sans fin. 540

Chapitre II. — Machines à façonner les bois débités. 544

Machines à raboter. 544
Porte-outils et outils de rabotage. 544
Machines à dégauchir et à raboter à main. 545
Machines à raboter à amenage automatique. 548
Toupies. 548
Tenonneuses. 550
Machines à raboter et à moulurer sur quatre faces. 553
Machines à percer et à mortaiser. 557
Tours. 561
Tours à copier. 562

Chapitre II. — Machines à débiter les bois (suite).

Machines destinées à la fabrication des caisses..... 563
Machines à faire les assemblages..... 563
Machines diverses servant à la confection des caisses..... 567
Machines à clouer les caisses..... 567
Construction des caisses entourées de fil de fer..... 569
Machines diverses..... 569
Machines à trancher le bois (système Oliver)..... 569
Machines à sculpter..... 569
Machines à faire la laine de bois..... 571
Machines à polir et à poncer..... 572

TROISIÈME PARTIE.

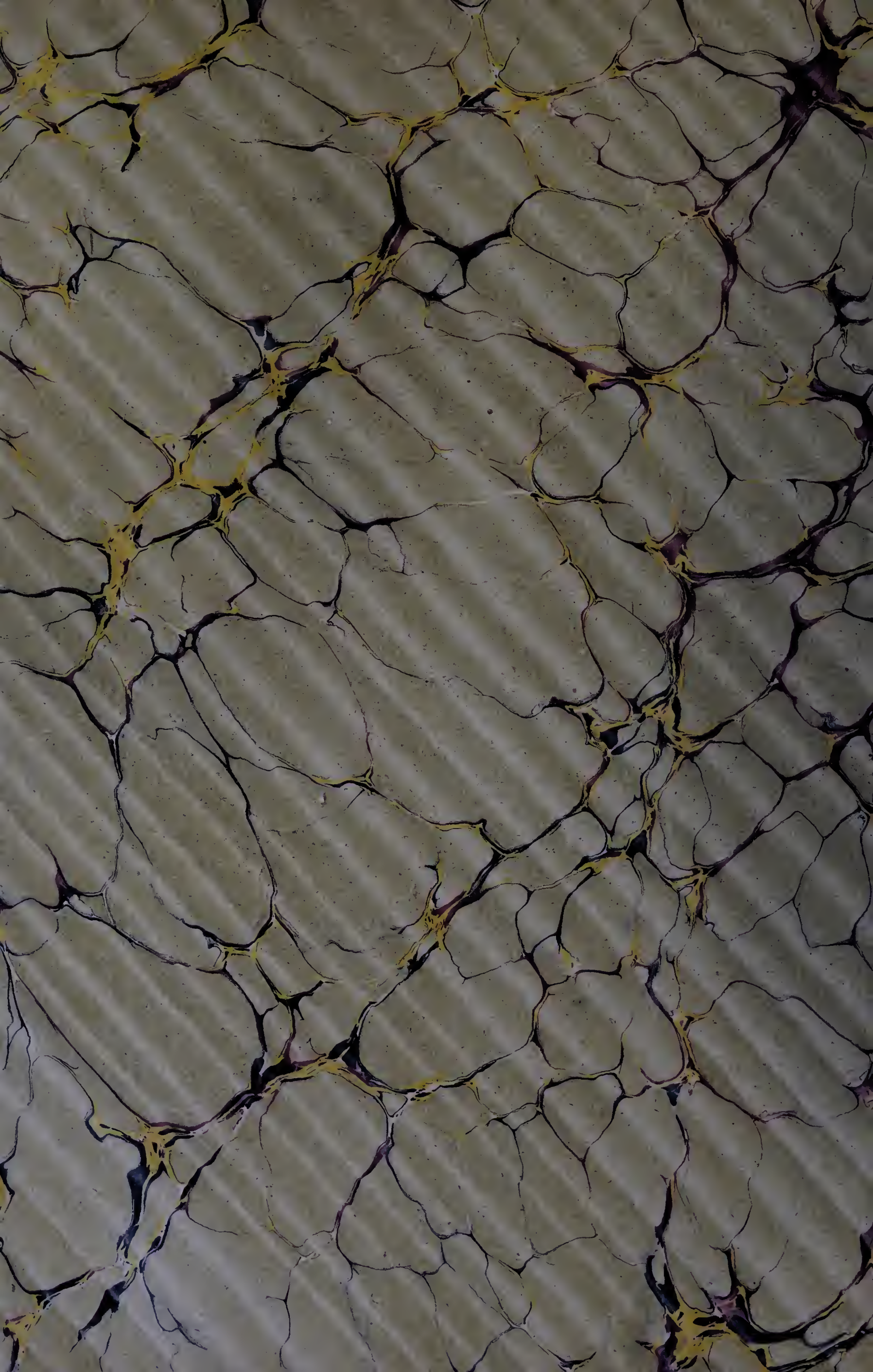
MACHINES À TRAVAILLER LES MATIÈRES DIVERSES.

Machines servant à l'exploitation de la pierre et des matériaux pierreux..... 573
Machines à débiter les marbres et les pierres dures à l'aide de scies diamantées..... 573
Machines à tailler et dresser les pierres (système Trier)..... 576
Broyeurs..... 576
Machines à travailler le liège..... 577

Table des Figures..... 579

Table des matières..... 587

Imprimerie nationale. — 7382-03.



Special
128/0/18
v. 4, pt. 3